



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK PREDIKSI
KEBERHASILAN PENGOBATAN TUBERKULOSIS PADA
POPULASI USIA PRODUKTIF DI INDONESIA**

DISERTASI

MEIYANTI

2306197971

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
DEPOK
JUNI 2025**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK PREDIKSI
KEBERHASILAN PENGOBATAN TUBERKULOSIS PADA
POPULASI USIA PRODUKTIF DI INDONESIA**

DISERTASI

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Doktor Kesehatan Masyarakat**

MEIYANTI

2306197971

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
DEPOK
JUNI 2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Meiyanti

NPM : 2306197971

Tanda Tangan :

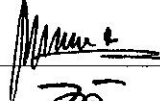
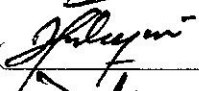
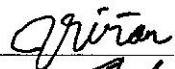
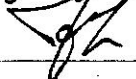
Tanggal : 5 Juni 2025

HALAMAN PENGESAHAN

Disertasi ini diajukan oleh :
Nama : Meiyanti
NPM : 2306197971
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Judul Disertasi : Pengembangan Pembelajaran Mesin untuk Prediksi
Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis pada Populasi
Usia Produktif di Indonesia

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Promotor	: Prof. Dr. Dra. Dumilah Ayuningtyas, M.A.R.S	()
Ko Promotor	: Prof. Dr. Besral, S.K.M, M.Sc	()
Ko Promotor	: Dr. dr. Rina Kurniasri Kusumaratna, M.Kes.	()
Tim Penguji	: Dr. dr. Raden Rara Diah Handayani, Sp.P (K) (Ketua)	()
	: Dr. dr. Maxi Rein Rondonuwu, DHSM, M.A.R.S.	()
	(Anggota)	
	: Prof. dr. Adang Bachtiar, MPH, DSc. (Anggota)	()
	: dr. Vivian Soetikno, Sp.FK, Ph.D. (Anggota)	()
	: Henry Candra, S.T, M.T, Ph.D. (Anggota)	()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Meiyanti

NPM : 2306197971

Mahasiswa Program : Doktor Ilmu Kesehatan Masyarakat (S3 IKM)

Tahun Akademik : 2024/2025

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan disertasi saya yang berjudul :

**Pengembangan Pembelajaran Mesin Untuk Prediksi Keberhasilan Pengobatan
Tuberkulosis Pada Populasi Usia Produktif di Indonesia**

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 5 Juni 2025



Meiyanti

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan disertasi ini. Penulisan disertasi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Doktor dalam bidang Ilmu Kesehatan Masyarakat Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan disertasi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan disertasi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. dra. Dumilah Ayuningtyas selaku promotor yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan disertasi ini;
 - (2) Prof.dr. Adang Bachtiar, MPH, DSc yang telah menyediakan waktu, pikiran dan dukungan untuk mengarahkan saya dalam penyusunan disertasi ini;
 - (3) Prof.Dr. Besral, SKM, MSc dan Dr.dr. Rina Kurniasri Kusumaratna, M.Kes sebagai kopromotor yang telah menyediakan waktu, pikiran dan dukungan dalam penyusunan disertasi ini;
 - (4) Dr.dr. Maxi Rein Rondonuwu, DHSM, MARS; Dr.dr. Raden Roro Diah Handayani, SpP (K); dr. Vivian Soetikno, SpFK, PhD dan Bapak Henry Candra, ST, MT, PhD sebagai penguji yang menyediakan waktu, pikiran dan saran perbaikan dalam penyusunan disertasi ini;
 - (3) Kedua orang tua dan keluarga besar saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
 - (4) Kementerian Kesehatan yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
 - (5) Ketua dan tim CAPTIVATE CoE, LPPM, Universitas Trisakti; dan
 - (6) Para sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan disertasi ini.
- Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga disertasi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 5 Juni 2025

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Meiyanti
NPM : 2306197971
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Departemen : Program Doktor Ilmu Kesehatan Masyarakat
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis karya : Disertasi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengembangan Pembelajaran Mesin untuk Prediksi Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis pada Populasi Usia Produktif di Indonesia

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta..

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal: 5 Juni 2025

Yang menyatakan



(Meiyanti)

ABSTRAK

Nama : Meiyanti
Program Studi : Program Doktor Ilmu Kesehatan Masyarakat
Judul : Pengembangan Pembelajaran Mesin untuk Prediksi Keberhasilan
Pengobatan Tuberkulosis pada Populasi Usia Produktif di Indonesia
Pembimbing : Prof. Dr. Dra. Dumilah Ayuningtyas, M.A.R.S

Angka keberhasilan pengobatan Tuberkulosis Indonesia tahun 2023 belum mencapai target 90%. Keberhasilan pengobatan berdampak terhadap penurunan penyebaran infeksi dan kasus resistensi obat, sehingga perlu untuk memprediksi keberhasilan pengobatan lebih dini. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pendekatan pembelajaran mesin untuk prediksi keberhasilan pengobatan. Penelitian ini menggunakan data kohort Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB) Indonesia. Pasien usia produktif (15-64 tahun) terdiagnosis tuberkulosis sensitif obat dan mendapatkan pengobatan dari 1 Januari 2020 sampai 31 Desember 2023 diikutsertakan dalam penelitian ini. Data dikelompokkan secara acak ke dalam set data pelatihan untuk membangun model (80%) dan set data pengujian untuk validasi model (20%), dan dilakukan validasi silang untuk data. Algoritma yang digunakan meliputi *decision tree*, *random forest*, *multilayer perceptron*, *extreme gradient boosting*, dan *logistic regression*. Dilakukan konsensus untuk pengambilan keputusan variabel yang diperlukan dalam melakukan pemodelan berbasis pembelajaran mesin dari data SITB untuk memprediksi keberhasilan pengobatan dengan menggunakan metode *Delphi*. Hasil dari penelitian model algoritma pembelajaran mesin *random forest* menunjukkan kinerja terbaik dan akurasi tertinggi dalam memprediksi keberhasilan pengobatan. Aplikasi prediksi berbasis pembelajaran mesin dapat memberikan prediksi dini dengan interpretasi berbasis SHAP (*SHapley Additive ExPlanations*) yang memudahkan tenaga kesehatan dalam mengambil keputusan.

Kata kunci:

Infeksi, kecerdasan buatan, mortaliti, penularan, tuberkulosis

ABSTRACT

Name : Meiyanti
Study Program : Doctoral Programme of Public Health
Title : Development of Machine Learning to Predict Tuberculosis
Treatment Success in The Productive Age Population in
Indonesia
Counsellor : Prof. Dr. Dra. Dumilah Ayuningtyas, M.A.R.S

The tuberculosis treatment success rate in Indonesia in 2023 did not reach the 90% target. Treatment success impacts the reduction of infection spread and drug resistance cases, making early prediction of treatment success crucial. This study aims to develop a machine-learning model to predict treatment success. Data from Indonesia's Tuberculosis Information System (SITB) cohort was used. The study included productive-age patients (15-64 years) diagnosed with drug-sensitive tuberculosis who received treatment from January 1, 2020, to December 31, 2023. Data was randomly split into training (80%) and testing (20%) sets for model validation, with cross-validation performed. The algorithms used include decision tree, random forest, multilayer perception, extreme gradient boosting, and logistic regression. A consensus was reached for decision-making variables required in performing machine learning-based modeling of SITB data to predict treatment success using modeling of SITB data to predict treatment success using the Delphi method. The results of the study show that the random forest machine learning algorithm had the best performance and highest accuracy in predicting treatment success. This machine learning-based prediction tool can provide early predictions with SHAP (SHapley Additive ExPlanations) interpretation, helping healthcare workers make informed decisions more easily.

Key words:

Infection, artificial intelligence, mortality, transmission, tuberculosis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
 BAB 1 PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	8
1.4 Tujuan Penelitian.....	9
1.4.1 Tujuan Umum	9
1.4.2 Tujuan Khusus	9
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
1.5.1 Bagi Pemerintah	9
1.5.2 Bagi Peneliti.....	10
1.6 Ruang Lingkup Penelitian.....	10
1.7 Novelty.....	10
 BAB 2 TINJAUAN LITERATUR.....	 11
2.1 Keberhasilan Pengobatan.....	11
2.2 Evaluasi Manajemen Penanganan Penyakit Tuberkulosis di Indonesia	12
2.3 Regulasi Tuberkulosis.....	13
2.3.1 Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan	13
2.3.2 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1984 tentang Wabah Penyakit Menular dengan Fokus pada Tuberkulosis	15
2.3.3 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2018 tentang Standar Pelayanan Minimal dengan Fokus pada Tuberkulosis	18
2.3.4 Peraturan Presiden (PERPRES) Republik Indonesia No. 67 Tahun 2021	20
2.3.5 Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2019 tentang Standar Teknis Pemenuhan Mutu Pelayanan Dasar pada Standar Pelayanan Minimal Bidang Kesehatan dengan Fokus pada Tuberkulosis.....	21
2.3.6 Keputusan Menteri Kesehatan No. 67 Tahun 2016	23
2.3.7 Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi Nomor 7 Tahun 2023 tentang Rincian Prioritas Penggunaan Dana Desa dengan Fokus pada Tuberkulosis	26
2.3.8 Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 13 Tahun 2022	29

2.4 Tuberkulosis	30
2.4.1 Etiologi tuberkulosis.....	30
2.4.2 Patofisiologi	30
2.4.3 Diagnosis Tuberkulosis	33
2.4.4 Terapi tuberculosis	34
2.5 Kepatuhan Minum Obat.....	38
2.6 Transformasi Kesehatan.....	42
2.7 Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB).....	44
2.8 Imputasi Data	51
2.8.1 Manfaat Imputasi Data	52
2.8.2 Metode Imputasi Data	53
2.8.3 Kekurangan dan Tantangan Imputasi Data.....	53
2.9 <i>Machine Learning</i>	54
2.9.1 Fungsi dan Teknik ML	54
2.9.2 Algoritma <i>supervised learning</i>	55
2.9.3 <i>Hyperparameter tuning</i>	55
2.9.4 Pemanfaatan pembelajaran mesin di bidang Kesehatan.....	60
2.9.5 Pemanfaatan pembelajaran mesin untuk kasus tuberkulosis	61
2.10 Kerangka Teori.....	65
BAB 3 KERANGKA KONSEP, HIPOTESIS DAN DEFINISI OPERASIONAL .	68
3.1 Kerangka Konsep	68
3.2 Hipotesis Penelitian	68
3.3 Definisi Operasional	70
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN	77
4.1 Tahapan Penelitian.....	77
4.2 Tahap 1.....	77
4.3 Tahap 2.....	79
4.3.1 Desain Penelitian.....	79
4.3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	79
4.3.3 Populasi dan Sampel.....	79
Populasi	79
Sampel.....	79
4.3.4 Besar Sampel.....	80
4.3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	81
Jenis Data.....	81
Data set pelatihan model ML	81
Dataset uji coba.....	81
Cara Pengumpulan Data.....	81
4.4 Tahap 3.....	82
4.4.2 Perbaikan Model ML.....	84
4.4.2.1 Pengumpulan dan persiapan data	84
4.4.2.2 Evaluasi model algoritma ML.....	85
4.4.3 Uji Efektivitas Model Prediksi Keberhasilan Terapi	86
4.5 Tahap 4.....	86

4.6 Analisis Data	87
4.6.1 Analisis univariat.....	87
4.6.2 Analisis bivariat	87
4.6.3 Analisis multivariat	87
4.6.4 Analisis Model Pembelajaran Mesin.....	87
4.6.5 Mengatasi Bias Data.....	88
BAB 5 HASIL PENELITIAN.....	90
5.1 Pengumpulan Data SITB dan Identifikasi Data	90
5.2 <i>Systematic Literature Review</i> : Prediktor Keberhasilan Pengobatan	93
5.3 Analisis Data SITB	95
5.4 Pengembangan Model Prediksi ML	110
5.4.1 Model Prediksi ML	111
5.4.2 Uji Performa Model (performa algoritma tabel gabungan)	112
5.5 Diskusi Panel Para Ahli	117
5.5.1 Konsensus Model Pembelajaran Mesin.....	118
5.5.2 Perbaikan Model	131
5.6 Aplikasi Prediksi Keberhasilan Pengobatan	135
BAB 6 PEMBAHASAN	139
6.1 Analisis faktor penentu keberhasilan pengobatan TB	139
6.1.1 Karakteristik Pasien Tuberkulosis.....	140
6.1.2 Faktor Signifikansi Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis	144
6.1.3 Faktor Keberhasilan Pengobatan tuberkulosis	146
6.2 Faktor Prediktor Keberhasilan TB.....	149
6.3 Model Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB dan Aplikasi.....	158
6.4 Implementasi Aplikasi Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB Berbasis Pembelajaran Mesin	160
6.5 Implikasi Kebijakan.....	166
6.5.1 <i>Carepathway</i> TB	166
6.5.2 Kelengkapan dan integrasi data SITB	170
6.5.3 Kolaborasi goverment dan keterlibatan stakeholder	173
6.5.4 Transformasi kesehatan Indonesia	177
6.6 Tantangan Implementasi Aplikasi	180
6.7 Keterbatasan Penelitian.....	183
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN.....	184
7.1 Kesimpulan.....	184
7.2 Saran	184
DAFTAR PUSTAKA.....	186

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Dosis Obat Anti Tuberkulosis (OAT)	36
Tabel 2.2. Dosis OAT Lepas lini pertama untuk pengobatan TB-Sensitif obat (SO). 36	
Tabel 2.3. Dosis OAT untuk pengobatan TB-SO menggunakan tablet kombinasi dosis tetap (KDT)	36
Tabel 2.4. Kriteria hasil pengobatan	37
Tabel 2.5. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kepatuhan minum obat berdasarkan kategori lima dimensi kepatuhan pengobatan	38
Tabel 2.6. <i>Level User</i> dan Fungsi SITB.....	50
Tabel 2.7. Karakteristik, keunggulan, dan kekurangan algoritma ML	57
Tabel 2.8. Pemanfaatan ML untuk prediksi beberapa luaran pada tuberkulosis.....	62
Tabel 3.1. Tabel Definisi Operasional	70
Tabel 3.2. Pengukuran kinerja model algoritma ML	74
Tabel 4.1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Tahap 1 SLR	78
Tabel 4.2. Performa Algoritma ML	85
Tabel 5.1. Data deskriptif Persebaran Data (n=344992).....	96
Tabel 5.2. Hasil Uji <i>Chi-Square</i> berdasarkan Berhasil dan Tidak Berhasil Pengobatan (N=344992)	100
Tabel 5.3. Analisis Multivariabel Faktor –Faktor yang Berhubungan dengan Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis di Indonesia (2020-2023)	107
Tabel 5.4. Tabel performa algoritma	113
Tabel 5.5. Tabel Hasil Validasi Internal Kinerja Model Pembelajaran Mesin	114
Tabel 5.6. Tabel hasil <i>Feature Importance based on Gini Importance</i>	115
Tabel 5.7. Hasil <i>Feature Importance based on SHAP</i>	117
Tabel 5.8. Hasil Konsensus Tenaga Kesehatan Tahap 1 Bagian 1.....	119
Tabel 5.9. Hasil Konsensus Tenaga Kesehatan Tahap 1 Bagian 2.....	120

Tabel 5.10. Hasil Konsensus Tenaga Kesehatan Tahap 1 Bagian 3.....	121
Tabel 5.11. Hasil Konsensus Tenaga Kesehatan Tahap 1 Bagian 4.....	122
Tabel 5.12. Hasil Konsensus Tenaga Kesehatan Tahap 1 Bagian 5.....	122
Tabel 5.13. Hasil Konsensus Tenaga Non Kesehatan Tahap 1 Bagian 1	123
Tabel 5.14. Hasil Konsensus Tenaga Non Kesehatan Tahap 1 Bagian 2	124
Tabel 5.15. Hasil Konsensus Tenaga Non Kesehatan Tahap 1 Bagian 3	124
Tabel 5.16. Hasil Konsensus Tenaga Non Kesehatan Tahap 1 Bagian 4	125
Tabel 5.17. Hasil Konsensus Tenaga Non Kesehatan Tahap 1 Bagian 5	126
Tabel 5.18. Hasil Konsensus tahap 2 Bagian 1 (n=14).....	128
Tabel 5.19. Hasil Konsensus Tahap 2 Bagian 2	130
Tabel 5.20. Hasil Konsensus Tahap 2 Bagian 3	130
Tabel 5.21. Perbandingan Kinerja Model ML RF dengan pengurangan fitur (%).....	131
Tabel 5.22. Hasil Uji Friedman Antar Kelompok	132
Tabel 5.23. Nilai p Hasil Nemenyi Test Antar Kelompok.....	133
Tabel 5.24. Hasil Validasi Eksternal Model ML Random Forest (n=61009)	134
Tabel 5.25. Evaluasi Model Algoritma Random Forest	134
Tabel 6.1. Rekomendasi Saran dari Tenaga kesehatan dalam Menunjang Keberhasilan Pengobatan	140
Tabel 6.2. Upaya peningkatan keberhasilan pengobatan TB	156

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Infeksi tuberkulosis.....	33
Gambar 2.2. Alur diagnosis tuberkulosis.....	34
Gambar 2.3. Transformasi sistem kesehatan 6 pilar transformasi.....	43
Gambar 2.4. Alur Pencatatan dan Pelaporan Pasien TB secara Nasional.....	46
Gambar 2.5. Alur pencatatan dan Pelaporan Pasien TB di Fasilitas Pelayanan Kesehatan	47
Gambar 2.6. Alur pencatatan dan pelaporan pasien TB pada Terapi Pencegahan Tuberkulosis	48
Gambar 2.7. Mekanisme Akses SITB <i>Online</i>	49
Gambar 2.8. Pencatatan menggunakan formulir P2TB	51
Gambar 2.9. Jenis algoritma ML	55
Gambar 2.10. Kerangka Teori <i>The Health System Dynamics Framework</i>	66
Gambar 2.11. Kerangka Teori Penelitian.....	67
Gambar 3.1. Kerangka Konsep.....	69
Gambar 4.1. Tahapan Alur Penelitian.....	77
Gambar 4.2. Alur tahapan uji coba model	82
Gambar 4.3. Keterangan AUC	86
Gambar 4.4. <i>K-Fold Cross Validation</i>	88
Gambar 5.1. Tahapan processing data dan features engineering	91
Gambar 5.2. <i>Heatmap correlation</i> fitur	92
Gambar 5.3. Diagram PRISMA	95
Gambar 5.4. Distribusi Hasil Pengobatan	98
Gambar 5.5. Metrik AUC (<i>Area Under Curve</i>) <i>Logistic Regression</i> , <i>Random Forest</i> (RF), <i>Decision Tree</i> , <i>Extreme Gradient Boosting</i> (XGBoost)	111

Gambar 5.6. <i>Hasil Feature Importance based on Gini Importance</i>	115
Gambar 5.7. <i>Hasil Feature Importance based on SHAP</i>	116
Gambar 5.8. Kurva ROC-AUC Validasi Eksternal Model RF	134
Gambar 5.9. Tampilan halaman depan aplikasi	136
Gambar 5.10. Tampilan prediksi keberhasilan pengobatan tahap awal.....	137
Gambar 5.11. A dan B Tampilan prediksi keberhasilan pengobatan setelah pengobatan bulan ke2	138

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Kaji Etik

Lampiran 2 Surat Izin Penelitian

Lampiran 3 *Informed Consent*

Lampiran 4 Pedoman Kualitatif: Konsensus *Delphi Method*

Lampiran 5 Pedoman Kualitatif: Konsensus *Delphi Method*

Lampiran 6 SPSS

Lampiran 7 Matriks Hasil SLR

Lampiran 8 Surat kerja sama dengan pusat AI Trisakti

Lampiran 9 Metode Delphi Method

Lampiran 10 Web Aplikasi

Lampiran 11 Turnitin

DAFTAR SINGKATAN

AI	: <i>Artificial Intelligence</i>
AUC	: <i>Area Under Curve</i>
BPOM	: Badan Pengawas Obat dan Makanan
BTA	: Basil Tahan Asam
CRISP DM	: <i>Cross Industry Standard Process for Data Mining</i>
DOTS	: <i>Directly Observed Treatment Shortcourse</i>
DT	: <i>Decision tree</i>
EDA	: <i>Explatory Data Analysis</i>
IMT	: Indeks Massa Tubuh
KDT	: Kombinasi Dosis Tetap
MDR-TB	: Tuberkulosis <i>Multidrug-Resistant</i>
ML	: <i>Machine Learning</i>
MLP	: <i>Multilayer perceptron</i>
OAT	: Obat Anti Tuberkulosis
PMO	: Pengawas Menelan Obat
RF	: <i>Random forest</i>
RO	: Resistensi Obat
ROC	: <i>Receiver Operating Characteristic</i>
SHAP	: <i>SHapley Additive ExPlanations</i>
SITB	: Sistem Informasi Tuberkulosis
SO	: Sensitif Obat
SMP	: Standar Pelayanan Minimal
SVM	: <i>Support Vector Machine</i>
TB	: Tuberkulosis
TCM	: Tes Cepat Molekuler
TPT	: Terapi Pencegahan Tuberkulosis
WHO	: <i>World Health Organization</i>
XGB	: <i>Extreme Gradient Boosting</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tuberkulosis (TB) adalah penyakit yang bisa dicegah dan biasanya dapat disembuhkan. Namun, pada tahun 2022, TB menjadi penyebab kematian tertinggi kedua akibat infeksi, setelah COVID-19, dan menyebabkan hampir dua kali lebih banyak kematian dibandingkan HIV/AIDS. Setiap tahun, lebih dari 10 juta orang jatuh sakit karena TB. Tindakan segera diperlukan untuk menghentikan epidemi TB global pada tahun 2030, sesuai dengan target yang telah disepakati oleh seluruh negara anggota PBB dan Organisasi Kesehatan Dunia (*Global Tuberculosis Report 2023*, 2023).

Data tingkat global, meskipun jumlah kasus dan angka kejadian TB menunjukkan penurunan, angka kematian justru meningkat dibandingkan tahun sebelumnya. Indonesia sendiri menjadi negara dengan jumlah estimasi kasus tertinggi kedua di dunia setelah India. Berdasarkan *Global TB Report 2023*, estimasi kasus TB di Indonesia mencapai 1.060.000 dengan angka kematian sebesar 134.000 per tahun. Kasus TB terbanyak pada jenis kelamin laki-laki, 475.876 kasus pada Laki-laki dan 345.324 kasus pada Perempuan, selain itu, kasus TB terbanyak juga ada pada usia produktif Target pencapaian pada strategi WHO untuk mengakhiri TB di tahun 2025 antara lain adalah angka insiden TB adanya pengurangan dari tahun 2015-2022 sebesar 50% menjadi 8,7% di tahun 2015-2022. Jumlah kematian karena TB dari 75% berkurang menjadi 19% di tahun 2015-2022 selain itu persentase orang dengan TB yang menghadapi biaya total yang sangat besar dari 49% menjadi 0% pada tahun 2025 (*Global Tuberculosis Report 2023*, 2023).

Keberhasilan pengobatan TB menurut *World Health Organization* (WHO) adalah jumlah dari kasus TB sembuh dan pengobatan lengkap (WHO, 2022). Indonesia saat ini menempati posisi beban TB kedua terbesar di dunia setelah negara India, dan masuk dalam 10 negara terbanyak penyumbang duapertiga kasus TB di dunia. Berdasarkan program penanggulangan TB tahun 2022 diperoleh angka keberhasilan pengobatan TB di Indonesia sebesar 86,5% (target 90%), dengan rincian berdasarkan hasil pengobatan sembuh 23.5%, pengobatan lengkap 63%, meninggal 3,9%, gagal 0,3%, putus berobat 7,1% dan tidak dievaluasi 2,2%. Berdasarkan data keberhasilan pengobatan

tiap provinsi diperoleh hasil 9 provinsi yang mencapai keberhasilan pengobatan di atas 90 %, sedangkan 25 provinsi lainnya sangat bervariasi, keberhasilan pengobatan berkisar antara 72,1%-89.9% (Dirjen P2P, 2022)

Data capaian notifikasi kasus TB tahun 2023 di 38 provinsi Indonesia. Secara nasional, capaian notifikasi mencapai 77%, dengan 11 provinsi telah berhasil mencapai target minimal 90%. Provinsi yang mencapai angka tertinggi adalah Jawa Barat dengan 121%, disusul oleh Jawa Selatan 119% dan Papua Tengah 116%. Sementara itu, Bengkulu mencatat capaian terendah dengan hanya 45%. Dari sisi capaian bulanan, terlihat peningkatan yang cukup konsisten, dengan capaian nasional tertinggi berada di November sebesar 79%. Namun, target nasional 90% pada Desember belum tercapai, dengan estimasi capaian di bulan Desember adalah 85%. Meskipun ada kemajuan dalam pelaporan kasus TB di berbagai provinsi, dengan beberapa provinsi mencapai target yang ditetapkan, upaya tambahan masih diperlukan terutama di provinsi-provinsi yang capaian notifikasinya masih di bawah 50%, seperti Bengkulu, Nusa Tenggara Timur, dan Bangka Belitung. Pemerintah dan pihak terkait perlu memberikan perhatian khusus pada wilayah-wilayah ini agar target eliminasi TB secara nasional dapat tercapai (Tuberkulosis et al., 2024).

Capaian Keberhasilan Pengobatan TB (*treatment success rate*) mengalami peningkatan: TB sensitif obat 87%; peringkat beberapa provinsi di Indonesia berdasarkan persentase tertentu, dengan tujuh provinsi diunggulkan dengan capaian keberhasilan pengobatan di atas 90%. Provinsi-provinsi tersebut adalah Lampung dan Gorontalo yang menempati posisi teratas dengan persentase 97%, diikuti oleh Sumatera Selatan dan Nusa Tenggara Barat dengan 92%, serta Riau, Nusa Tenggara Timur, dan Papua yang memiliki persentase 91%. Persentase yang tinggi pada provinsi-provinsi ini menunjukkan bahwa mereka berhasil mencapai angka yang signifikan dalam indikator yang diukur, dan dengan demikian, menempati peringkat atas dibandingkan dengan provinsi lainnya (*Global Tuberculosis Report 2023*, 2023).

Perbandingan hasil pengobatan TB Indonesia tahun 2021–2022 menyatakan bahwa di tahun 2021, tingkat keberhasilan pengobatan TB di Indonesia menunjukkan bahwa 67,7% pasien berhasil menyelesaikan pengobatan, dengan 18,2% pasien dinyatakan sembuh. Sementara itu 3,0% pasien tidak dievaluasi, 6,9% mengalami kehilangan pengawasan (*loss to follow up*), 0,3% gagal dalam pengobatan, dan 3,8%

meninggal dunia. Di tahun 2022, terjadi penurunan tingkat pengobatan lengkap menjadi 63,0%, meskipun ada peningkatan jumlah pasien yang sembuh menjadi 23,5%. Pasien yang tidak dievaluasi menurun menjadi 2,2%, sementara yang mengalami loss to follow up sedikit meningkat menjadi 7,1%, dengan angka kegagalan pengobatan tetap di 0,3%, dan angka kematian sedikit naik menjadi 3,9% (Dirjen P2P, 2022).

Hal ini sejalan penelitian oleh Pradipta (2019) diperoleh hasil dari 5.674 kasus TB yang diteliti, tingkat kegagalan pengobatan sebesar 2,6% dan kematian sebesar 2,0%. Faktor-faktor yang berisiko tinggi untuk kegagalan pengobatan adalah usia 18-24 tahun, tunawisma, narapidana, dan penderita diabetes. Sementara itu, faktor yang meningkatkan risiko kematian termasuk usia lanjut (di atas 74 tahun), TB paru dan ekstra-paru gabungan, TB pada sistem saraf pusat, TB milier, kecanduan obat, dan penyakit ginjal. Perhatian khusus perlu diberikan pada pasien dengan faktor risiko tersebut, terutama yang muda, tunawisma, narapidana, dan penderita diabetes dalam upaya pencegahan penyakit dan resistensi obat (Pradipta et al., 2019).

Faktor lain dalam ketidakberhasilan pengobatan TB adalah faktor sosial ekonomi hal tersebut dinyatakan adanya hubungan antara tingkat ekonomi dengan kepatuhan minum obat penderita TB paru BTA positif di wilayah kerja puskesmas Cukir kabupaten Jombang dengan tingkat ekonomi responden adalah Keluarga Sejahtera (KS) III, dan (33,3%) tingkat ekonomi responden adalah KS II. Kepatuhan minum obat (93,3%) adalah patuh sebanyak 28 pasien dan (6,7%) tidak patuh sebanyak 2 pasien (Sanusi et al., 2018).

Kunci untuk mencapai keberhasilan pengobatan adalah kepatuhan pasien minum obat. Pengobatan dengan Obat Anti Tuberkulosis (OAT) merupakan komponen utama dalam penanganan TB dan mencegah transmisi TB. Pemberian OAT diberikan dalam jangka waktu yang cukup panjang, minimal enam bulan terdiri dari 2 tahap, pada tahap awal/intensif diberikan 4 macam kombinasi obat *rifampicin* (R), *isoniazid* (H), *pirazinamid* (Z) dan *etambutol* (E) dilanjutkan dengan tahap lanjutan menggunakan 2 macam obat RH (Kementerian Kesehatan RI, 2020; Perhimpunan Dokter Paru Indonesia, 2021). Berbagai faktor berkaitan dengan kepatuhan pengobatan seperti tingkat keparahan, lamanya terapi, banyaknya obat yang perlu diminum, faktor sosial ekonomi dan lain-lain memberikan peluang besar terjadinya putus obat dan berisiko meningkatkan kasus TB resistensi obat yang memerlukan penanganan yang lebih kompleks dan jangka waktu pengobatan yang lebih lama.

Angka keberhasilan pengobatan oleh WHO dijadikan sebagai indikator kinerja program TB nasional, sehingga untuk mencapai target dan peningkatan kinerja program berbagai inovasi maupun terobosan program TB nasional telah dilakukan oleh pemerintah Indonesia. Melalui peningkatan peran serta berbagai fasilitas kesehatan pemerintah dan swasta, *directly observed treatment shortcourse* (DOTS), pengawas menelan obat (PMO), kerja sama lintas sektoral dan lembaga masyarakat namun belum memberikan hasil yang nyata dalam mencapai target angka keberhasilan pengobatan TB. Berdasarkan laporan program TB diperoleh angka *enrollment rate* TB sensitif obat (SO) sebesar 86,6% dan masih di bawah target nasional 100%. Terjadi peningkatan angka estimasi TB resisten obat (RO) Indonesia tahun 2022 meningkat 17% dibandingkan tahun 2020.

Berdasarkan tiga indikator utama dalam upaya eliminasi TB di Indonesia sesuai dengan target global pada 2030, *enrollment* TB menjadi faktor krusial yang mendukung pencapaian target-target tersebut. Pendaftaran yang tinggi tidak hanya memastikan bahwa lebih banyak pasien TB terdeteksi dan mendapatkan pengobatan yang diperlukan, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan *Treatment Coverage*. Dengan lebih dari 90% kasus TB yang terdeteksi, sistem kesehatan dapat lebih efektif dalam mengelola dan merawat pasien, sehingga meningkatkan *Success Rate* pengobatan yang diharapkan lebih dari 90 persen (Kementerian Kesehatan RI, 2020).

Besaran angka *enrollment* yang baik juga mendukung program Terapi Pencegahan TB (TPT), di mana lebih dari 80 persen kontak serumah dari pasien TB yang terdaftar dapat diidentifikasi dan diberikan intervensi pencegahan. Dengan demikian, upaya untuk meningkatkan *enrollment* TB tidak hanya berfungsi sebagai langkah awal dalam penanganan penyakit, tetapi juga sebagai landasan yang kuat untuk mencapai target eliminasi TB secara keseluruhan. Oleh karena itu, strategi peningkatan kesadaran masyarakat, aksesibilitas layanan kesehatan, dan penguatan sistem pelaporan sangat penting untuk memastikan bahwa semua pasien TB terdaftar dan menerima perawatan yang tepat waktu dan efektif (World Health Organization, 2022).

Salah satu upaya untuk meningkatkan keberhasilan pengobatan dapat memanfaatkan teknologi *artificial intelligence* (AI). *Machine learning* (ML/pembelajaran mesin) merupakan salah satu bentuk implementasi dari AI, bermanfaat untuk memberikan solusi inovatif terhadap kompleksitas terkait dengan pengobatan TB. Beberapa kelebihan ML dimanfaatkan untuk menganalisis dan

menginterpretasikan data pasien dalam jumlah besar memprediksi perkembangan penyakit dan respons pengobatan, bahkan *outcome* pengobatan sehingga mereka dapat mengidentifikasi pasien yang berisiko tinggi dan memberikan intervensi secara tepat dan cepat sehingga dapat mencapai keberhasilan pengobatan (Asad et al., 2020; Liao et al., 2023).

Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB) pertama kali diperkenalkan sebagai bagian dari upaya pemerintah Indonesia untuk memperkuat penanggulangan penyakit TB yang menjadi masalah kesehatan masyarakat. SITB mulai dikembangkan pada tahun 2018 oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, sebagai respons terhadap kebutuhan data yang lebih akurat dan *real-time* untuk mendukung pengendalian penyakit ini. Sebelum SITB, pelaporan kasus TB dilakukan secara manual, sehingga pengumpulan dan pemantauan data epidemiologi berjalan lambat dan tidak terintegrasi dengan baik (Kementerian Kesehatan RI, 2023c).

Sejalan dengan kemajuan teknologi, SITB mulai bertransformasi menjadi sistem digital pada tahun 2020, bersamaan dengan upaya nasional untuk memperkuat tata kelola kesehatan berbasis teknologi. Transformasi digital ini memungkinkan tenaga kesehatan untuk melakukan pelaporan kasus secara daring, mengakses data pasien secara real-time, dan melacak perawatan pasien secara lebih efektif. Dengan sistem berbasis aplikasi digital, SITB kini terintegrasi dengan layanan kesehatan di berbagai tingkatan, dari puskesmas hingga rumah sakit, sehingga mempercepat proses pelaporan dan mempermudah pengawasan (Kementerian Kesehatan RI, 2024).

Fungsi utama SITB adalah untuk memantau kasus TB, memastikan pengobatan tepat waktu, serta melaporkan hasil pengobatan secara cepat dan akurat. Selain itu, SITB juga berperan penting dalam memastikan pasien tidak kehilangan jejak dalam proses perawatan, terutama dalam kasus tuberkulosis *multidrug-resistant* (MDR-TB). Digitalisasi SITB memperkuat mekanisme pengawasan dan evaluasi program pengendalian TB secara nasional, sehingga memudahkan pengambilan kebijakan yang berbasis data (WHO, 2021).

Transformasi digital di sektor kesehatan, termasuk melalui SITB, merupakan bagian dari inisiatif yang lebih luas dalam Transformasi Digital Kesehatan yang sedang diupayakan pemerintah. Program ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dan efektivitas layanan kesehatan, tetapi juga memungkinkan pelaksanaan sistem kesehatan berbasis

data yang lebih responsif. Dengan digitalisasi, program seperti SITB dapat mendukung pengendalian penyakit menular secara lebih komprehensif, memberikan manfaat langsung bagi tenaga kesehatan dan pasien melalui akses data yang lebih cepat dan akurat (Kementerian Kesehatan RI, 2024).

Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB) di Indonesia saat ini memiliki beberapa kelemahan yang dapat memengaruhi efektivitas pengobatan TB. Salah satu kelemahan utamanya adalah terbatasnya evaluasi data secara *real-time*. SITB umumnya masih mengandalkan metode pelaporan manual yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi pasien berisiko tinggi, baik dari segi kegagalan pengobatan maupun resistensi obat. Keterlambatan ini membuat penanganan kasus yang membutuhkan intervensi cepat menjadi tidak optimal (Sanusi et al., 2018). Selain itu, fragmentasi dan tidak terintegrasinya data juga menjadi masalah utama. Data pasien TB sering kali tersebar di berbagai sumber, seperti data klinis, radiologis, dan catatan pengobatan yang tidak selalu tersinkronisasi dengan baik. Hal ini menghambat kemampuan untuk memberikan gambaran komprehensif tentang status kesehatan pasien, terutama pada kasus TB resisten obat yang membutuhkan pengawasan lebih intensif (Pradipta et al., 2019).

Pelaporan data SITB di lapangan mempunyai beberapa kendala dalam aspek input, proses maupun output. Kendala pelaporan dari aspek input seperti keterbatasan sumber daya manusia disertai dengan beban kerja tinggi, kendala aspek proses koordinasi jejaring internal belum berjalan maksimal dalam komunikasi dan koordinasi antar jejaring, kendala *output* terjadi peningkatan pelaporan kasus TB tetapi tidak dilakukan evaluasi lebih lanjut. Berbagai kendala di atas membuat pelaporan data SITB tidak terisi secara lengkap sesuai dengan petunjuk pelaporan SITB (Oktaviani & Hafizurrachman, 2024). Pemanfaatan imputasi data dan algoritma ML diharapkan dapat membantu mengatasi keterbatasan SITB yang ada. Teknologi ini mampu memproses dan menganalisis data secara *real-time*, sehingga memberikan prediksi lebih cepat terkait kegagalan pengobatan atau risiko resistensi obat. Selain itu ML juga dapat memanfaatkan data terintegrasi dari berbagai sumber seperti hasil *X-ray*, data klinis, dan informasi genetik bakteri TB, untuk memberikan gambaran lebih komprehensif.

Model prediksi pembelajaran mesin yang akurat dapat membantu dokter untuk deteksi dini TB, mengidentifikasi pasien risiko tinggi infeksi TB, membuat keputusan lebih cepat dan tepat mengenai durasi pengobatan, potensi efek samping obat, serta hasil

pengobatan yang diharapkan (Liao et al., 2023a). Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa teknologi pembelajaran mesin dapat meningkatkan akurasi prediksi hasil pengobatan, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian oleh Chinagudaba et al (2024) di Karnataka, India, yang memanfaatkan pendekatan hybrid learning untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi (Chinagudaba et al., 2024). Pemanfaatan teknologi AI seperti ML dapat memainkan peran penting dalam meningkatkan keberhasilan pengobatan TB di Indonesia, terutama pada pasien dengan risiko tinggi.

Pembelajaran mesin mampu menganalisis berbagai data klinis dan radiologis untuk memprediksi berbagai aspek pengobatan, termasuk durasi terapi, reaksi samping obat, hasil pengobatan, dan resistensi terhadap obat. Pembelajaran mesin digunakan pula dalam pengobatan TB seperti pemilihan obat terapi TB, selain itu terdapat simbol paru-paru yang memfokuskan area paru terkena dampak penyakit tuberkulosis. Beberapa material utama digunakan sebagai masukan untuk model AI meliputi *Chest X-Ray* and *CT Images Data*, *Sociodemographic* dan *Clinical Data*, *Mycobacterium tuberculosis* dan *Host Gene Data*. Selanjutnya terdapat prediksi AI memperlihatkan bagaimana model AI memproses data untuk menghasilkan prediksi yang membantu dalam pengobatan TB seperti durasi pengobatan yang dibutuhkan untuk pasien, reaksi yang tidak diinginkan dari obat atau pengobatan, hasil pengobatan tuberkulosis apakah pengobatan tersebut berhasil atau tidak, dan yang terakhir aspek resistensi pada obat dari patogen terhadap terapi yang diberikan. Data dari berbagai sumber yang digunakan pada AI, dapat membantu dokter membuat keputusan yang lebih tepat mengenai durasi pengobatan, potensi reaksi negatif, hasil terapi, dan kemungkinan resistensi obat (Liao et al., 2023).

Hal tersebut telah dibuktikan keberhasilan pengobatan TB dari penelitian *Predictive Analysis of Tuberculosis Treatment Outcomes Using Machine Learning: A Karnataka TB Data Study at a Scale* terletak pada penggunaan *machine learning* yang mampu menghasilkan model prediktif yang sangat akurat untuk memprediksi hasil pengobatan TB. Dengan memanfaatkan pendekatan *ensembled hybrid learning* dan teknik *Weight of Evidence* (WOE) serta *Information Value* (IV) untuk mengolah data kategori, penelitian ini berhasil meningkatkan kinerja prediksi, sehingga membantu dalam meningkatkan hasil pengobatan TB secara global, khususnya di wilayah dengan beban TB yang tinggi seperti Karnataka, India (Chinagudaba et al., 2024).

Hasil penelitian tersebut juga diperkuat oleh penelitian yang berjudul '*Explainable machine learning for early predicting treatment failure risk among patients with TB-diabetes comorbidity*', studi ini menunjukkan empat pendekatan *machine learning* untuk memprediksi kegagalan pengobatan TB-DM menghasilkan prediksi yang sangat akurat dengan interpretasi yang fungsional dan dapat diimplementasikan berdasarkan *data electronic medical record* (EMRs). Hasil studi ini mendapatkan model yang sangat berharga untuk pengobatan dan manajemen TB-DM di negara-negara berkembang, serta memberikan wawasan baru bagi Strategi Akhir TB dari WHO (Peng et al., 2024).

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini bertujuan untuk membangun model pembelajaran mesin dengan menggunakan data SITB untuk dapat dalam prediksi keberhasilan pengobatan TB sebagai salah satu upaya pemanfaatan dataset nasional secara efektif untuk mendukung transformasi digital kesehatan serta membantu dokter untuk deteksi dini TB, mengidentifikasi pasien berisiko tinggi infeksi TB serta dapat membantu dalam membuat keputusan lebih cepat dan tepat terkait pengobatan TB.

1.2 Rumusan Masalah

Pelaporan Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB) masih memiliki kelemahan dalam *input*, proses, dan *output* data. Diharapkan, SITB dapat diakses oleh berbagai tingkatan pengguna sesuai kapasitas mereka. Hal ini penting mengingat meningkatnya kasus TB, TB Resistensi Obat (TB RO), dan kematian akibat TB di Indonesia. Data SITB dapat dimanfaatkan untuk optimalisasi penanganan TB melalui algoritma pembelajaran mesin dan teknik imputasi data, yang mampu mengidentifikasi pola tersembunyi yang sulit dideteksi secara manual. Kemampuan pembelajaran mesin dengan prediksi akurasi tertinggi menjadi salah satu luaran untuk dapat meningkatkan keberhasilan pengobatan, sebagai salah satu indikator penting keberhasilan program TB.

1.3 Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana model prediksi pembelajaran mesin berbasis penggunaan data SITB untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB?
2. Bagaimana representasi model yang dihasilkan oleh algoritma pembelajaran mesin dalam prediksi keberhasilan pengobatan?

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Mengembangkan model prediksi dan aplikasi representatif model pembelajaran mesin dengan memanfaatkan *big data* untuk prediksi keberhasilan pengobatan tuberkulosis sebagai implementasi transformasi digital kesehatan dalam upaya mendukung pencapaian eliminasi TB tahun 2030.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Menganalisis faktor-faktor penentu keberhasilan terapi berdasarkan big data.
2. Mengembangkan model prediksi keberhasilan pengobatan TB dengan menggunakan data Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB).
3. Menyusun aplikasi untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB menggunakan model pembelajaran mesin kinerja model tertinggi dalam mendukung kebijakan TB.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam meningkatkan kesehatan masyarakat dan efisiensi sistem perawatan kesehatan. Pengembangan model prediktif mampu mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan pengobatan TB, penelitian ini dapat membantu dokter dan petugas kesehatan dalam memutuskan strategi pengobatan yang paling efektif bagi setiap pasien, pasien dapat menerima perawatan yang lebih personal dan tepat waktu, meningkatkan peluang kesembuhan dan mengurangi risiko penyebaran penyakit. Pemanfaatan teknologi pemodelan pembelajaran mesin dapat memberikan dampak yang signifikan bagi masyarakat Indonesia dan juga memberikan kontribusi penting dalam upaya global untuk mengatasi penyakit menular.

1.5.1 Bagi Pemerintah

Manfaat penelitian bagi pemerintah sebagai berikut pemanfaatan model prediktif keberhasilan pengobatan TB memberikan informasi agar pemerintah dapat mengalokasikan sumber daya kesehatan dengan lebih efisien. Hal ini dapat berdampak positif pada anggaran kesehatan negara dan membantu dalam perencanaan kebijakan

kesehatan yang lebih terarah. Penelitian ini juga dapat membantu pemerintah dalam mengidentifikasi wilayah atau populasi yang rentan terhadap TB dan mengambil tindakan pencegahan yang tepat untuk mengurangi angka insidens penyakit. Selain itu, pemanfaatan model prediktif ini juga memudahkan petugas kesehatan dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB pada pasien secara individual. Dengan adanya prediksi berbasis data, petugas dapat menentukan pasien-pasien yang memiliki risiko kegagalan pengobatan lebih awal dan memberikan perhatian khusus atau intervensi tambahan. Model ini dapat memberikan rekomendasi berbasis analisis data terkait faktor-faktor yang berpengaruh pada keberhasilan pengobatan, sehingga petugas dapat mengambil langkah-langkah yang lebih tepat dalam memantau dan mendukung pasien selama proses pengobatan. Dengan demikian, pemerintah dapat mendukung petugas kesehatan untuk meningkatkan efektivitas program pengobatan TB, mengurangi angka kegagalan pengobatan, dan mempercepat pencapaian target nasional dalam pengendalian TB.

1.5.2 Bagi Peneliti

Bagi peneliti, penelitian ini membuka pintu bagi pengembangan lebih lanjut bidang pemodelan pembelajaran mesin dan aplikasinya dalam di bidang kesehatan, memperluas pengetahuan tentang faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan pengobatan TB, peneliti dapat mengidentifikasi area-area baru untuk penelitian dan menciptakan inovasi dalam pendekatan pengobatan. Selain itu, pengembangan model prediktif yang akurat juga dapat memperkuat reputasi peneliti dalam komunitas ilmiah dan membuka peluang kolaborasi dengan peneliti lain di bidang kesehatan.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang dilakukan di Indonesia mencakup pasien TB di Indonesia, dengan target sasaran kelompok usia produktif, berusia 15-64 tahun.

1.7 Novelty

Penelitian ini memiliki kebaruan yaitu diperolehnya aplikasi representatif model algoritma ML berbasis fitur (variabel/atribut yang digunakan sebagai input untuk pembuatan model) penting data SITB untuk mendukung kebijakan program TB nasional.

BAB 2

TINJAUAN LITERATUR

2.1 Keberhasilan Pengobatan

Angka keberhasilan pengobatan (*Success Rate*) merupakan indikator yang digunakan untuk mengevaluasi pengobatan tuberkulosis dan keberhasilan program penanggulangan TB. Angka keberhasilan pengobatan didefinisikan sebagai jumlah semua kasus tuberkulosis yang sembuh dan pengobatan lengkap di antara semua kasus TB yang diobati dan dilaporkan *World Health Organization (WHO, 2021)*. Penyakit TB merupakan penyakit infeksi menular sehingga untuk pengobatan TB agar efektif, diperlukan pendekatan holistik dan terstruktur. Banyak faktor memengaruhi keberhasilan pengobatan TB antara lain tingkat kepatuhan pasien terhadap regimen obat, resistensi obat, status kesehatan umum pasien, dan kualitas layanan kesehatan yang diterima. Kerja sama dan koordinasi berbagai pihak seperti pasien, penyedia layanan kesehatan dan pihak lain terkait diperlukan untuk meningkatkan keberhasilan pengobatan pasien TB (N. Manurung, 2023; Putra & Toonsiri, 2019b; D. S. Rachmawati et al., 2020).

Keberhasilan pengobatan TB memberikan dampak positif untuk individu, keluarga serta masyarakat. Dampak keberhasilan pengobatan pada individual mencegah komplikasi serius TB seperti penyebaran infeksi ke organ lain bahkan kematian. Keberhasilan pengobatan di tingkat keluarga dan masyarakat membantu mengurangi angka insidens penyakit, menghentikan rantai penularan, dan mencegah terjadinya kasus TB baru (Lucya & Arief, 2022; D. S. Rachmawati et al., 2020).

Pengobatan TB memerlukan jangka waktu minimal enam bulan, sehingga selama menjalani proses pengobatan diperlukan monitoring dan evaluasi. Evaluasi keberhasilan pengobatan TB dilakukan dengan menggunakan parameter klinis dan mikrobiologis. Parameter klinis dilakukan dengan mengevaluasi dan menilai gejala pasien dan hasil pemeriksaan fisik, sedangkan untuk parameter mikrobiologis dilakukan melalui pemeriksaan sputum basil tahan asam (BTA) untuk mengetahui keberadaan bakteri TB. WHO merekomendasi pemeriksaan sputum BTA pada akhir fase intensif pengobatan untuk pasien yang diobati dengan OAT lini pertama baik kasus baru maupun pengobatan ulang. Pemeriksaan sputum BTA dilakukan pada akhir bulan kedua (2RHZE/4RH) untuk

kasus baru dan akhir bulan ketiga (2RHZES/1RHZE/5RHE) untuk kasus pengobatan ulang (Kementerian Kesehatan RI, 2020; Perhimpunan Dokter Paru Indonesia, 2021; World Health Organization (WHO), 2022). Evaluasi tepat diperlukan untuk menilai efektivitas pengobatan, mengurangi risiko putus obat, meminimalkan risiko resistensi obat serta komplikasi akibat penyakit.

2.2 Evaluasi Manajemen Penanganan Penyakit Tuberkulosis di Indonesia

Indonesia masih menghadapi tantangan serius dalam penanganan TB, terlihat dari peningkatan jumlah kasus dan angka kematian akibat TB. Berbagai upaya telah oleh pemerintah namun *incidence rate* atau angka insidens TB di Indonesia tetap tinggi, dengan lebih dari 700.000 kasus baru dilaporkan setiap tahunnya. Selain itu, terjadi peningkatan kasus TB resisten obat termasuk TB *multidrug resistance* (MDR-TB) sehingga menyulitkan penanganan TB secara efektif. Kematian akibat TB juga masih menjadi masalah serius, terutama di kalangan kelompok rentan seperti anak-anak dan orang tua. Pemerintah Indonesia telah meluncurkan berbagai program untuk mengatasi masalah TB, termasuk Program Pengendalian Tuberkulosis Nasional yang mencakup pencegahan, diagnosis, pengobatan, dan pemantauan TB. Program ini mencakup distribusi obat-obatan anti-TB secara gratis, promosi vaksinasi BCG, serta pendidikan dan penyuluhan kepada masyarakat tentang pencegahan dan pengobatan TB (Dirjen P2P, 2022; Kemenkes RI, 2004; Kementerian Kesehatan RI, 2020).

Kondisi geografis Indonesia berupa negara kepulauan dapat memungkinkan menjadi faktor penghambat berupa adanya ketidakseimbangan antara layanan kesehatan TB, pusat rujukan, keterbatasan sumber daya manusia dan logistik di tingkat lokal, terutama di daerah pedesaan dan juga menjadi kendala dalam penanganan TB di Indonesia. Beberapa fasilitas kesehatan di daerah pedesaan mungkin tidak dilengkapi dengan peralatan dan tenaga medis yang memadai untuk melakukan diagnosis dan pengobatan TB secara efektif. Hal ini dapat menyebabkan keterlambatan dalam diagnosis, penanganan kasus TB yang tidak optimal, serta peningkatan risiko resistensi obat. Dalam upaya menangani TB di Indonesia, perlu juga diperhatikan faktor-faktor sosial ekonomi yang memengaruhi penyebaran penyakit ini. Kemiskinan, kurangnya akses terhadap layanan kesehatan yang berkualitas, dan kondisi lingkungan yang tidak sehat dapat meningkatkan risiko terinfeksi TB (Dirjen P2P, 2022). Selain itu, masih

terdapat stigma dan kurangnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya kepatuhan pengobatan TB menyulitkan tenaga kesehatan dalam menelusuri investigasi kontak dan temuan kasus TB aktif. Masyarakat dengan tingkat pengetahuan kurang tentang TB seringkali enggan untuk memberikan informasi kontak erat mereka dengan penderita TB dikarenakan dengan alasan takut atau kurangnya kesadaran akan pentingnya proses tersebut dalam upaya mencegah penyebaran TB.

2.3 Regulasi Tuberkulosis

Pemerintah Indonesia menargetkan eliminasi TB secara nasional tahun 2030 dan Indonesia bebas TB tahun 2050, sejalan dengan yang diprogramkan oleh WHO. Untuk mencapai target tersebut maka pemerintah telah mengeluarkan beberapa undang-undang serta kebijakan terkait TB, dimulai dari dikeluarkan Peraturan Presiden (Perpres) dan diturunkan menjadi peraturan Menteri Kesehatan dan Menteri Tenaga Kerja. Regulasi dan kebijakan dari pemerintah Indonesia memainkan peran penting dalam upaya penanggulangan penyakit ini. Dua regulasi kunci dalam penanggulangan TB adalah Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 67 Tahun 2016 dan Peraturan Presiden Nomor 67 Tahun 2021.

2.3.1 Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan

Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan merupakan landasan hukum yang komprehensif dalam penyelenggaraan sistem kesehatan nasional di Indonesia. UU ini mencakup berbagai aspek mulai dari pelayanan kesehatan, pembiayaan, hingga upaya penanggulangan penyakit menular dan tidak menular. Salah satu penyakit menular yang menjadi fokus perhatian dalam undang-undang ini adalah TB, mengingat tingginya angka insidens TB di Indonesia dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat.

Pasal-pasal dalam UU Kesehatan 2023 memberikan penekanan pada penguatan sistem kesehatan untuk mengendalikan TB melalui beberapa pendekatan penting, antara lain (Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 Tentang Kesehatan):

1. Pelayanan Kesehatan yang Komprehensif

UU ini menekankan pentingnya layanan kesehatan primer yang berkualitas dalam upaya pencegahan dan pengendalian TB. Puskesmas sebagai ujung tombak layanan kesehatan masyarakat diwajibkan untuk menyediakan layanan deteksi

dini, diagnosis, pengobatan, dan edukasi kepada masyarakat terkait TB. Pasien TB berhak mendapatkan layanan pengobatan yang memadai dan akses terhadap obat-obatan secara gratis.

2. Penguatan Sistem Surveilans dan Deteksi Dini

UU 17/2023 juga memperkuat mekanisme surveilans dan deteksi dini TB, yang diatur dalam kerangka sistem kewaspadaan dini dan respons cepat (SKDR). Hal ini sejalan dengan target eliminasi TB di Indonesia pada tahun 2030. Setiap kasus TB harus dilaporkan secara cepat dan terintegrasi melalui sistem informasi kesehatan nasional, sehingga penanganan dan pengendalian dapat dilakukan lebih efektif dan menyeluruh.

3. Pendekatan Kolaboratif dalam Penanggulangan TB

Salah satu pendekatan kunci dalam UU ini adalah pentingnya kolaborasi lintas sektor dalam upaya penanggulangan TB, melibatkan unsur pemerintah, swasta, akademisi, masyarakat, dan media (*penta-helix*). Kolaborasi ini diharapkan dapat mengatasi hambatan-hambatan dalam penanggulangan TB, seperti stigma, ketidaktahuan masyarakat, dan tantangan logistik dalam distribusi obat-obatan.

4. Fokus pada Populasi Rentan

UU ini memberikan perhatian khusus pada kelompok rentan, seperti anak-anak, lansia, dan orang dengan penyakit penyerta (komorbid), yang memiliki risiko lebih tinggi terhadap TB. Kebijakan yang diarahkan untuk populasi rentan ini mencakup penyediaan layanan kesehatan khusus, termasuk screening berkala dan program pengobatan yang disesuaikan dengan kebutuhan mereka.

5. Pembiayaan Layanan Kesehatan untuk TB

Pembiayaan dalam penanganan TB juga menjadi bagian penting dalam UU ini. Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) harus mencakup layanan pengobatan TB, termasuk obat-obatan lini pertama dan kedua. Selain itu, pemerintah pusat dan daerah diwajibkan untuk mengalokasikan anggaran yang memadai guna mendukung program eliminasi TB, termasuk pengadaan alat-alat diagnostik modern seperti *GeneXpert* dan pendukung lainnya.

6. Pencegahan dan Promosi Kesehatan

Pencegahan TB dalam UU 17/2023 menekankan pentingnya promosi kesehatan secara masif melalui edukasi kepada masyarakat. Kegiatan promosi ini tidak hanya dilakukan di fasilitas kesehatan, tetapi juga melibatkan peran aktif masyarakat, sekolah, dan tempat kerja. Program ini bertujuan meningkatkan kesadaran tentang bahaya TB, cara penularannya, serta pentingnya deteksi dini dan kepatuhan terhadap pengobatan.

7. Sanksi dan Penegakan Hukum

UU 17/2023 juga mengatur sanksi bagi pihak-pihak yang lalai dalam pelaksanaan pengendalian TB. Misalnya, institusi kesehatan yang tidak melaporkan kasus TB atau individu yang menolak pengobatan tanpa alasan medis yang jelas dapat dikenakan sanksi administratif hingga denda. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa penanggulangan TB dapat dilakukan dengan serius dan komprehensif.

Berdasarkan uraian di atas maka UU Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan tidak hanya memberikan landasan hukum yang kuat dalam penanggulangan TB, tetapi juga mengedepankan pendekatan yang holistik dan kolaboratif untuk mencapai target eliminasi TB di Indonesia pada tahun 2030. Penekanan pada penguatan layanan kesehatan primer, deteksi dini, pembiayaan, serta kolaborasi lintas sektor diharapkan mampu menurunkan angka prevalensi TB secara signifikan dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

2.3.2 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1984 tentang Wabah Penyakit Menular dengan Fokus pada Tuberkulosis

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1984 tentang Wabah Penyakit Menular merupakan dasar hukum yang mengatur penanggulangan penyakit-penyakit menular yang dapat menimbulkan wabah di masyarakat. Dalam konteks ini, penyakit TB menjadi salah satu fokus karena sifat penularannya yang berpotensi menyebabkan wabah jika tidak ditangani dengan baik. Meskipun TB tidak selalu menjadi wabah yang muncul secara tiba-tiba seperti penyakit menular lainnya, sifat menular yang tinggi dan kemampuan TB untuk menyebar di komunitas menjadikannya sebagai ancaman serius bagi kesehatan masyarakat.

Beberapa poin penting dalam UU No. 4 Tahun 1984 yang relevan dengan penanganan TB adalah sebagai berikut (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1984):

1. Definisi Wabah dan Pengendalian Tuberkulosis

Pasal 1 UU ini mendefinisikan wabah penyakit menular sebagai kejadian meningkatnya jumlah kasus penyakit menular dalam suatu masyarakat pada waktu tertentu. Meskipun TB mungkin tidak selalu memunculkan wabah akut, sifat penularannya yang berkelanjutan dalam populasi membuat pengendalian TB menjadi prioritas untuk mencegah penyebaran lebih luas. Pemerintah memiliki kewajiban melakukan pencegahan dan pengendalian penyakit ini agar tidak berkembang menjadi ancaman lebih besar.

2. Kewajiban Pelaporan Kasus TB

Pasal 5 UU ini mengatur bahwa setiap individu, termasuk tenaga kesehatan dan masyarakat umum, yang mengetahui adanya kasus penyakit menular berkewajiban melaporkan hal tersebut kepada otoritas kesehatan. Dalam konteks TB, hal ini sangat penting untuk mempercepat deteksi dini dan penanganan kasus TB, sehingga dapat mencegah penularan lebih lanjut. Pelaporan kasus TB yang tepat waktu memungkinkan tindakan pengendalian segera, seperti isolasi, pengobatan, dan investigasi kontak erat.

3. Peran Pemerintah dalam Penanggulangan TB

Pasal 4 UU ini menjelaskan bahwa pemerintah wajib melaksanakan upaya pencegahan, pengendalian, dan pemberantasan wabah penyakit menular. Dalam kaitannya dengan TB, pemerintah harus mengembangkan dan menerapkan kebijakan pengendalian TB yang komprehensif, termasuk memperkuat fasilitas kesehatan untuk diagnosis dan pengobatan TB, menyediakan obat-obatan anti-TB secara gratis, serta memastikan akses layanan kesehatan bagi masyarakat yang terkena TB.

4. Tindakan Pencegahan dan Pengendalian

Pasal 6 mengatur langkah-langkah pengendalian yang dapat diambil oleh pemerintah, seperti karantina, isolasi, vaksinasi, hingga pengobatan massal, tergantung pada jenis penyakit yang muncul. Pada kasus TB, walaupun karantina bukan langkah yang biasa diterapkan, pengobatan massal dan investigasi kontak

merupakan metode yang diterapkan untuk mencegah penularan. Pengobatan teratur melalui program DOTS serta pelacakan kontak erat dengan pasien TB aktif adalah bagian dari strategi ini.

5. Partisipasi Masyarakat

Undang-undang ini juga menekankan pentingnya partisipasi masyarakat dalam pencegahan dan penanggulangan wabah. Dalam konteks TB, kesadaran masyarakat tentang bahaya TB, cara penularan, dan pentingnya deteksi dini merupakan elemen kunci dalam keberhasilan penanganan penyakit ini. Keterlibatan masyarakat juga penting dalam menghilangkan stigma terhadap pasien TB, yang sering kali menjadi hambatan dalam deteksi dini dan pengobatan TB.

6. Sanksi Bagi Pelanggaran

Pasal 14 memberikan sanksi bagi siapa saja yang menghalangi pelaksanaan upaya pencegahan dan pengendalian wabah penyakit menular. Dalam konteks TB, hal ini bisa diterapkan pada individu atau institusi yang menolak atau lalai melaporkan kasus TB, atau yang tidak mematuhi protokol pengobatan. Sanksi ini bertujuan memastikan bahwa penanggulangan TB dilakukan secara tepat dan kooperatif, baik oleh pihak pasien, tenaga kesehatan, maupun masyarakat luas.

7. Pengelolaan Sumber Daya

Pasal 10 dan 11 mengatur tentang mobilisasi sumber daya untuk menangani wabah. Dalam penanggulangan TB, sumber daya seperti obat-obatan anti-TB, tenaga kesehatan terlatih, serta alat diagnosis seperti mikroskop dan *GeneXpert*, harus tersedia secara memadai. Pemerintah, sesuai dengan undang-undang ini, bertanggung jawab untuk memastikan tersedianya anggaran dan fasilitas yang cukup untuk menangani TB, khususnya di wilayah dengan insiden TB yang tinggi.

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1984, pemerintah memiliki kerangka kerja yang kuat untuk menangani penyakit menular seperti TB. Meskipun TB mungkin tidak menimbulkan wabah besar dalam skala seperti beberapa penyakit menular lainnya, pengendalian dan pencegahan yang efektif tetap diperlukan untuk mencegah penyebaran yang lebih luas. UU ini memberikan dasar hukum yang jelas untuk pelaporan,

pencegahan, pengobatan, dan partisipasi masyarakat, yang semuanya sangat penting untuk mencapai target eliminasi TB di Indonesia pada tahun 2030.

2.3.3 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2018 tentang Standar Pelayanan Minimal dengan Fokus pada Tuberkulosis

Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2018 tentang Standar Pelayanan Minimal (SPM) menjadi pedoman penting dalam penyelenggaraan pelayanan publik, khususnya di sektor kesehatan, guna menjamin hak-hak dasar masyarakat terpenuhi. Infeksi TB merupakan salah satu prioritas pelayanan kesehatan yang harus diberikan secara optimal oleh pemerintah daerah, mengingat TB merupakan penyakit menular yang dapat berdampak luas terhadap masyarakat.

PP ini mengatur berbagai aspek terkait standar pelayanan minimal yang harus dipenuhi, termasuk deteksi, pengobatan, dan pencegahan TB, dengan beberapa poin penting sebagai berikut (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2018):

1. Pentingnya Standar Pelayanan Minimal dalam Penanggulangan Tuberkulosis

Penyakit TB merupakan salah satu penyakit yang masuk dalam kategori standar pelayanan minimal bidang kesehatan. Pemerintah daerah wajib memberikan layanan kesehatan tertentu untuk mencegah dan mengendalikan TB di wilayahnya. Sesuai dengan PP No. 2 Tahun 2018, standar pelayanan ini mencakup deteksi dini, pengobatan, hingga promosi kesehatan terkait pencegahan TB. Layanan ini harus diakses oleh seluruh masyarakat tanpa terkecuali.

2. Indikator Pelayanan Minimal Tuberkulosis

Standar pelayanan minimal mencakup indikator yang terukur untuk memastikan pengendalian TB berjalan dengan baik. Pemerintah daerah diwajibkan untuk melakukan deteksi dini minimal pada 90% populasi berisiko dan memastikan seluruh pasien TB mendapatkan akses pengobatan yang terstandar. Selain itu, harus ada tindak lanjut dan monitoring terhadap pasien yang menjalani pengobatan agar tingkat kepatuhan dan keberhasilan pengobatan TB dapat ditingkatkan.

3. Penyediaan Obat dan Fasilitas Diagnostik untuk TB

Salah satu elemen penting dalam penanganan TB sesuai SPM adalah ketersediaan obat-obatan anti-TB dan fasilitas diagnostik, seperti alat pemeriksaan

sputum dan alat canggih seperti *GeneXpert*, yang harus disediakan di puskesmas dan rumah sakit daerah. Pemerintah daerah berkewajiban memastikan setiap pasien TB mendapatkan akses obat secara gratis dan tepat waktu, sesuai dengan standar pengobatan yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan.

4. Penanganan Tuberkulosis di Tingkat Layanan Kesehatan Primer

Puskesmas sebagai fasilitas kesehatan tingkat pertama (FKTP) memainkan peran kunci dalam pelaksanaan SPM untuk TB. Setiap puskesmas harus mampu melakukan skrining, diagnosis, dan pengobatan TB dengan baik. Layanan kesehatan di tingkat primer ini juga harus terintegrasi dengan layanan kesehatan lanjutan untuk menangani kasus-kasus TB yang lebih kompleks, seperti TB resisten obat (MDR-TB).

5. Kolaborasi Lintas Sektor dalam Penanggulangan TB

PP No. 2 Tahun 2018 menekankan pentingnya kolaborasi lintas sektor dalam pemenuhan standar pelayanan minimal, termasuk untuk penanganan TB. Pemerintah daerah harus berkoordinasi dengan berbagai pihak, baik di sektor kesehatan, pendidikan, sosial, maupun masyarakat sipil, untuk memastikan masyarakat memiliki akses terhadap informasi yang memadai mengenai TB, serta memperoleh pelayanan yang optimal dalam pencegahan dan pengobatan TB. Hal ini mencakup kerja sama dengan lembaga pendidikan untuk kampanye kesadaran tentang TB dan program pengendalian di sekolah-sekolah.

6. Monitoring dan Evaluasi Pelayanan Minimal Tuberkulosis

Dalam pelaksanaan SPM, pemerintah daerah wajib melakukan monitoring dan evaluasi secara berkala terkait pelayanan TB. Indikator yang harus dipantau antara lain adalah jumlah kasus yang terdeteksi, keberhasilan pengobatan, angka kesembuhan, dan cakupan layanan bagi populasi rentan seperti anak-anak dan orang dengan kondisi kesehatan tertentu. Monitoring ini bertujuan untuk memastikan pelayanan TB yang diberikan sesuai dengan standar dan target nasional yang telah ditetapkan.

7. Sanksi bagi Daerah yang Tidak Memenuhi SPM TB

PP No. 2 Tahun 2018 mengatur bahwa pemerintah daerah yang tidak memenuhi standar pelayanan minimal, termasuk dalam penanganan TB, dapat dikenakan sanksi. Sanksi ini berupa teguran hingga pengurangan dana alokasi umum (DAU) bagi pemerintah daerah yang tidak mampu memberikan pelayanan TB yang

layak. Langkah ini diambil untuk memastikan setiap daerah bertanggung jawab dalam melaksanakan kewajibannya dalam menanggulangi TB.

8. Peningkatan Kualitas Sumber Daya Manusia untuk Penanggulangan TB

Salah satu elemen penting dalam penanganan TB sesuai standar pelayanan minimal adalah peningkatan kapasitas tenaga kesehatan. Pemerintah daerah diwajibkan untuk memastikan bahwa tenaga kesehatan di puskesmas dan rumah sakit daerah memiliki pengetahuan dan keterampilan yang memadai dalam mendeteksi, mendiagnosis, dan mengobati TB sesuai standar nasional. Pelatihan dan penyegaran berkala bagi tenaga kesehatan menjadi bagian dari kewajiban pemerintah daerah dalam pemenuhan SPM.

Dengan adanya PP Nomor 2 Tahun 2018 tentang Standar Pelayanan Minimal, pemerintah daerah memiliki tanggung jawab besar untuk memastikan bahwa penanganan TB dilakukan secara optimal sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pemenuhan SPM ini tidak hanya bertujuan untuk mengendalikan dan menurunkan angka insidens TB di Indonesia, tetapi juga untuk menjamin bahwa setiap individu yang terkena TB mendapatkan hak mereka atas pelayanan kesehatan yang layak dan berkualitas. Implementasi yang konsisten dari SPM ini diharapkan mampu mempercepat upaya Indonesia untuk mencapai target eliminasi TB pada tahun 2030.

2.3.4 Peraturan Presiden (PERPRES) Republik Indonesia No. 67 Tahun 2021

Peraturan Presiden merupakan peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah Indonesia untuk mengatur strategi dan kebijakan dalam penanggulangan TB meliputi: Rencana Aksi Nasional (RAN) TB; upaya pencegahan dan pengendalian penyebaran TB seperti kampanye penyuluhan, peningkatan akses terhadap diagnosis dan pengobatan, vaksinasi dan lain-lain; Kerjasama antar lembaga berbagai lembaga pemerintah, non-pemerintah, dan sektor swasta dalam upaya penanggulangan TB; pengembangan penelitian dan pengembangan obat-obatan baru, metode diagnosis yang lebih baik, dan upaya-upaya inovatif lainnya; serta *monitoring* dan evaluasi efektivitas program-program penanggulangan TB yang dijalankan, untuk memastikan bahwa tujuan-tujuan yang ditetapkan dalam peraturan ini tercapai (Peraturan Presiden Nomor 67 Tahun 2021 Tentang Penanggulangan Tuberkulosis, 2021).

2.3.5 Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2019 tentang Standar Teknis Pemenuhan Mutu Pelayanan Dasar pada Standar Pelayanan Minimal Bidang Kesehatan dengan Fokus pada Tuberkulosis

Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Nomor 4 Tahun 2019 tentang Standar Teknis Pemenuhan Mutu Pelayanan Dasar pada Standar Pelayanan Minimal (SPM) Bidang Kesehatan bertujuan untuk menjamin akses dan mutu pelayanan kesehatan dasar bagi seluruh masyarakat Indonesia. Penyakit TB yang merupakan salah satu penyebab utama kematian di Indonesia, mendapat perhatian khusus dalam peraturan ini sebagai bagian dari pelayanan minimal yang harus diberikan oleh pemerintah daerah.

Tuberkulosis termasuk dalam kategori penyakit menular yang memerlukan penanganan komprehensif melalui upaya deteksi dini, pengobatan, dan pencegahan penularan. Beberapa poin penting terkait penanganan TB dalam konteks Permenkes No. 4 Tahun 2019 adalah sebagai berikut (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2019):

1. Penetapan TB sebagai Prioritas dalam Pelayanan Dasar

Tuberkulosis masuk dalam daftar penyakit menular yang harus ditangani sebagai bagian dari standar pelayanan minimal kesehatan. Permenkes ini menetapkan bahwa setiap pemerintah daerah wajib menyediakan layanan deteksi dini, diagnosis, pengobatan, dan pemantauan bagi pasien TB sesuai dengan standar nasional yang telah ditetapkan. Layanan ini mencakup penyediaan fasilitas diagnostik, pengobatan gratis bagi pasien TB, serta monitoring dan evaluasi kasus TB di wilayah kerja mereka.

2. Deteksi Dini dan Diagnosis TB

Dalam peraturan ini, pemerintah daerah diwajibkan untuk melakukan deteksi dini terhadap penyakit TB pada seluruh populasi berisiko. Deteksi dini dilakukan melalui berbagai metode skrining, baik di fasilitas kesehatan seperti puskesmas maupun dalam kegiatan surveilans kesehatan berbasis masyarakat. Standar teknis ini mengharuskan fasilitas kesehatan primer memiliki alat diagnostik yang memadai, termasuk mikroskop dan *GeneXpert*, yang merupakan alat canggih untuk mendiagnosis TB dan MDR-TB. Proses diagnosis ini harus dilakukan sesuai standar untuk memastikan pasien terdeteksi secara cepat dan akurat.

3. Pengobatan dan Pemantauan Pengobatan Tuberkulosis

Pengobatan TB harus dilakukan sesuai dengan standar pengobatan DOTS yang diatur oleh Kementerian Kesehatan. Permenkes ini mewajibkan pemerintah daerah untuk memastikan bahwa pasien TB mendapatkan obat-obatan anti-TB secara gratis dan terpantau kepatuhannya dalam menjalani pengobatan. Pengobatan TB biasanya berlangsung selama 6 bulan, dan pemerintah daerah harus memantau secara ketat pasien yang menjalani terapi untuk memastikan bahwa pengobatan dilakukan hingga tuntas guna mencegah resistensi obat.

4. Standar Mutu Layanan Kesehatan untuk TB

Mutu pelayanan TB menjadi fokus utama dalam Permenkes ini, di mana pelayanan harus memenuhi standar nasional baik dari segi deteksi, pengobatan, maupun pencegahan penularan. Pemerintah daerah harus menyediakan tenaga kesehatan yang terlatih dalam menangani TB, serta memastikan bahwa layanan diberikan secara adil dan merata di seluruh wilayah, termasuk di daerah terpencil. Mutu pelayanan diukur melalui berbagai indikator, seperti angka keberhasilan pengobatan, tingkat deteksi, dan penurunan angka insiden TB.

5. Pelacakan Kontak dan Pencegahan Penularan

Permenkes ini menggarisbawahi pentingnya pelacakan kontak erat pasien TB sebagai bagian dari standar pelayanan minimal. Pelacakan kontak dilakukan untuk mendeteksi kasus-kasus baru di antara individu yang berinteraksi dekat dengan pasien TB, terutama di lingkungan rumah dan komunitas. Pemerintah daerah juga diwajibkan untuk mengimplementasikan program pencegahan penularan di masyarakat, misalnya dengan kampanye kesehatan dan peningkatan kesadaran tentang pentingnya menjaga lingkungan yang bersih, ventilasi rumah yang baik, dan akses terhadap layanan kesehatan.

6. Peningkatan Kapasitas dan Pelatihan Tenaga Kesehatan

Standar teknis yang diatur dalam Permenkes No. 4 Tahun 2019 juga mencakup peningkatan kapasitas tenaga kesehatan. Pemerintah daerah harus menyediakan pelatihan rutin bagi tenaga kesehatan di puskesmas dan rumah sakit untuk memastikan mereka memiliki kompetensi dalam diagnosis, pengobatan, dan pemantauan kasus TB. Pelatihan ini mencakup pemahaman tentang penggunaan alat diagnostik terbaru, prosedur pengobatan TB yang terstandar, serta manajemen kasus TB resisten obat.

7. Monitoring dan Evaluasi Layanan Tuberkulosis

Permenkes ini mengatur bahwa setiap pemerintah daerah harus melakukan monitoring dan evaluasi secara berkala terhadap layanan TB yang diberikan. Hal ini mencakup pengumpulan data mengenai jumlah kasus TB yang terdeteksi, tingkat keberhasilan pengobatan, serta cakupan layanan di seluruh wilayah. Data ini digunakan untuk mengevaluasi apakah standar pelayanan minimal telah terpenuhi, dan jika ada kekurangan, tindakan korektif harus diambil untuk meningkatkan kualitas layanan TB.

8. Kolaborasi dengan Komunitas dan Pemberdayaan Masyarakat

Standar teknis pelayanan minimal juga melibatkan peran serta masyarakat dalam pencegahan dan penanganan TB. Pemerintah daerah diinstruksikan untuk melibatkan masyarakat melalui program penyuluhan, edukasi kesehatan, dan kegiatan pemberdayaan yang mendukung pencegahan TB. Komunitas harus diberikan pemahaman tentang tanda dan gejala TB, pentingnya deteksi dini, serta bagaimana cara melindungi diri dan orang lain dari penularan TB.

Secara keseluruhan, Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 4 Tahun 2019 memberikan kerangka yang jelas dan terperinci tentang bagaimana pemerintah daerah harus memenuhi standar pelayanan minimal dalam penanganan TB. Dengan adanya standar teknis ini, diharapkan bahwa deteksi dini, pengobatan yang tepat, dan pencegahan penularan TB dapat ditingkatkan di seluruh wilayah Indonesia, sehingga Indonesia dapat mencapai target eliminasi TB pada tahun 2030. Implementasi yang konsisten dari standar ini akan membantu mengurangi beban TB di masyarakat dan meningkatkan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

2.3.6 Keputusan Menteri Kesehatan No. 67 Tahun 2016

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia mengeluarkan beberapa ketentuan terkait penyakit TB mulai dari upaya pencegahan sampai dengan pengobatan. Beberapa keputusan tersebut antara lain (Keputusan Menteri Kesehatan No. 67 Tahun 2016):

1. Standar diagnosis dan pengobatan TB. Menkes mengeluarkan peraturan yang menetapkan standar diagnosis TB, termasuk penggunaan tes laboratorium seperti tes dahak, tes darah, dan tes lainnya. Standar pengobatan juga ditetapkan, termasuk jenis obat-obatan yang digunakan, dosis yang diberikan, dan durasi

pengobatan. Berdasarkan surat Edaran Kemenkes Nomor HK.02.02/III.I/932/2021 poin pertama berisi bahwa Tes Cepat Molekuler (TCM) adalah alat diagnosis utama yang digunakan untuk penegakan diagnosis TB.

2. Pedoman pelaksanaan program TB, Menkes merancang pedoman teknis yang merinci langkah-langkah operasional untuk berbagai pihak terkait, seperti petugas kesehatan, rumah sakit, puskesmas, dan lain-lain, dalam melaksanakan program penanggulangan TB.
3. Panduan pengawasan dan pelaporan TB, dibuat panduan tentang cara mengawasi kasus TB, mencatat dan melaporkan kasus, serta memantau penyebaran penyakit dan efektivitas program penanggulangan. Menkes meluncurkan SITB merupakan aplikasi yang digunakan oleh semua pemangku kepentingan mulai dari fasilitas kesehatan (Puskesmas, rumah sakit, praktek dokter mandiri, klinik, laboratorium dan instalasi farmasi), Dinas kesehatan kabupaten/kota/provinsi dan Kementerian Kesehatan untuk melakukan pencatatan, pelaporan kasus TB sensitif obat (SO), TB resisten obat, laboratorium dan logistik dalam satu platform terintegrasi. SITB diharapkan berperan dalam mensukseskan target program Penanggulangan TB Nasional yaitu eliminasi pada tahun 2030 dan Indonesia bebas TB tahun 2050.
4. Program edukasi dan kampanye masyarakat dengan merancang program edukasi dan kampanye masyarakat untuk meningkatkan kesadaran tentang TB, gejala-gejalanya, cara penularannya, pentingnya diagnosis dini, pengobatan, dan pencegahan.

Pedoman ini menyebutkan tentang pentingnya monitoring dan evaluasi pengobatan, termasuk pemantauan efek samping obat TB melalui mekanisme farmakovigilans. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menilai, dan mencegah efek samping yang muncul akibat penggunaan obat anti-TB.

Kegiatan farmakovigilans meliputi pendeteksian, penilaian, pemahaman dan pencegahan efek samping atau masalah lainnya terkait dengan penggunaan obat. Proses pemantauan, pelaporan terkait keamanan obat dimulai dari pendeteksian, penilaian, pemahaman dan pencegahan efek samping atau masalah lain terkait dengan penggunaan

obat dapat diperoleh dari kegiatan ini. Perubahan profil manfaat-risiko obat dan atau aspek mutu yang berpengaruh terhadap keamanan obat (BPOM RI, 2022).

Farmakovigilans dilakukan untuk menjamin keamanan obat (*ensuring drug safety*) pasca pemasaran yang berdampak pada jaminan keamanan pasien (*ensuring safety patient*) sebagai pengguna akhir suatu obat. Pemantauan aspek keamanan obat pasca pemasaran dilakukan untuk mengetahui efektifitas dan keamanan penggunaan obat pada kondisi kehidupan nyata atau praktik klinik yang sebenarnya. Banyak bukti menunjukkan bahwa sebenarnya efek samping obat dapat dicegah, dengan melakukan kegiatan pemantauan aspek keamanan obat pasca pemasaran. Oleh karena itu, kegiatan farmakovigilans di industri farmasi menjadi salah satu komponen penting dalam sistem regulasi obat, praktek klinik dan kesehatan masyarakat secara umum. Berdasarkan ketentuan peraturan BPOM (Badan Pengawas Obat dan Makanan) tahun 2022 tentang farmakovigilans, industri farmasi di Indonesia wajib mempunyai unit farmakovigilans dan melaporkan hal yang terkait dengan farmakovigilans ke BPOM melaporkan hal tentang mutu, khasiat dan keamanan obat kepada kepala BPOM (BPOM RI, 2022).

1. Tujuan farmakovigilans

Farmakovigilans adalah bagian dari perawatan pasien yang bertujuan untuk memanfaatkan obat-obatan sebaik mungkin untuk pengobatan atau pencegahan penyakit. Tujuan dilakukannya farmakovigilans adalah untuk mendeteksi masalah keamanan obat yang belum diketahui, mendeteksi peningkatan frekuensi kejadian efek samping, mengidentifikasi faktor risiko, mengidentifikasi risiko, mengkomunikasikan informasi keamanan obat dan pencegahan terjadinya risiko keamanan obat (Garashi et al., 2022; Mehta et al., 2017; Tiemersma et al., 2019; World Health Organization, 2004). Beberapa tujuan utama farmakovigilans diantaranya:

- a. Meningkatkan tingkat keefektifan keselamatan dan perawatan pada pasien yang berkaitan dengan intervensi paramedik dan medis, serta pada penggunaan obat-obatan.
- b. Memaksimalkan keselamatan dan kesehatan seluruh masyarakat yang berhubungan dengan penggunaan berbagai obat-obatan.
- c. Melakukan kontribusi pada penilaian bahaya, manfaat, risiko dan tingkat efektivitas pada obat-obatan, memotivasi untuk melakukan penggunaan rasional,

dan aman dapat menjadi lebih efektif termasuk pada penggunaan biaya yang hemat.

- d. Melakukan kegiatan promosi pada pelatihan, pendidikan serta pemahaman klinis di bidang farmakovigilans serta memberikan komunikasi yang efektif kepada professional kesehatan dan masyarakat.

2. Regulasi farmakovigilans di Indonesia

Regulasi yang berlaku di Indonesia untuk industri farmasi adalah:

- a. Permenkes no 1010 tahun 2008 tentang registrasi obat
- b. Permenkes no 1799 tahun 2010 tentang industri farmasi
- c. Peraturan Kepala BPOM no HK 03.1.23.12.11.10690 tentang penerapan farmakovigilans bagi industri farmasi.

Berdasarkan regulasi di atas, industri wajib melakukan farmakovigilans, harus mempunyai unit kerja farmakovigilans dan penanggung jawab yang kompeten untuk unit farmakovigilans. Regulasi yang berlaku untuk tenaga kesehatan antara lain:

- a. Permenkes no 72 tahun 2016 tentang standar pelayanan kefarmasian rumah sakit
- b. Permenkes no 73 tahun 2016 tentang standar pelaporan kefarmasian di apotek
- c. Permenkes no 26 tahun 2020 tentang standar pelayanan kefarmasian di puskesmas
- d. Permenkes no 11 tahun 2017 tentang keselamatan pasien di rumah sakit.

Saat ini untuk pelaporan farmakovigilans sifatnya sukarela dan dianjurkan untuk berperan aktif dalam farmakovigilans.

2.3.7 Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi Nomor 7 Tahun 2023 tentang Rincian Prioritas Penggunaan Dana Desa dengan Fokus pada Tuberkulosis

Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi Nomor 7 Tahun 2023 tentang Rincian Prioritas Penggunaan Dana Desa memberikan panduan bagi pemerintah desa dalam merencanakan dan mengalokasikan Dana Desa. Peraturan ini menegaskan bahwa penggunaan Dana Desa harus difokuskan pada kegiatan yang mendukung pembangunan desa secara berkelanjutan, termasuk di bidang kesehatan. Salah satu masalah kesehatan yang menjadi perhatian utama adalah TB, sebuah penyakit menular yang memerlukan upaya pengendalian berbasis komunitas, terutama di daerah pedesaan.

Berikut adalah beberapa poin penting dalam Permendes No. 7 Tahun 2023 yang relevan dengan penanganan TB di desa (Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, Dan Transmigrasi Nomor 7 Tahun 2023):

1. Prioritas Kesehatan Masyarakat dalam Penggunaan Dana Desa

Dalam peraturan ini, kesehatan masyarakat menjadi salah satu prioritas utama dalam penggunaan Dana Desa. Pemberantasan dan pengendalian penyakit menular, seperti TB, disebutkan secara spesifik sebagai bagian dari agenda pembangunan desa di bidang kesehatan. Desa memiliki peran penting dalam mendukung pencapaian target nasional eliminasi TB pada tahun 2030, dan Dana Desa dapat digunakan untuk mendukung berbagai kegiatan penanggulangan TB, termasuk deteksi dini, pengobatan, dan edukasi kesehatan.

2. Pemberdayaan Masyarakat dalam Pencegahan dan Pengendalian Tuberkulosis

Permendes No. 7 Tahun 2023 menekankan pentingnya pemberdayaan masyarakat dalam pencegahan dan pengendalian TB. Dana Desa dapat dialokasikan untuk mendukung program-program kesehatan berbasis komunitas, seperti penyuluhan mengenai cara penularan TB, pentingnya deteksi dini, dan kepatuhan terhadap pengobatan. Pemberdayaan kader kesehatan desa untuk mendukung deteksi dini dan monitoring pengobatan pasien TB juga dapat didanai melalui Dana Desa, sehingga masyarakat lebih aktif dalam mendeteksi dan menangani kasus TB di lingkungan mereka.

3. Penguatan Infrastruktur Kesehatan Desa

Salah satu prioritas penggunaan Dana Desa yang relevan dengan penanganan TB adalah penguatan infrastruktur kesehatan di desa, termasuk pembangunan atau peningkatan kualitas posyandu dan puskesmas desa. Fasilitas ini menjadi pusat utama pelayanan kesehatan primer di desa, termasuk untuk diagnosis dan pengobatan TB. Dana Desa juga dapat digunakan untuk menyediakan alat deteksi dan fasilitas pendukung pengobatan TB yang diperlukan, sehingga akses terhadap layanan kesehatan bagi pasien TB di desa dapat lebih mudah dijangkau.

4. Peningkatan Akses terhadap Layanan Kesehatan untuk Tuberkulosis

Permendes ini menggarisbawahi bahwa Dana Desa dapat digunakan untuk meningkatkan akses masyarakat terhadap layanan kesehatan, termasuk bagi penderita TB. Ini bisa dilakukan dengan membiayai kegiatan transportasi untuk pasien TB ke fasilitas kesehatan yang lebih lengkap, atau mendukung program home visit oleh petugas

kesehatan desa untuk memastikan pasien TB menerima pengobatan yang tepat waktu dan memadai. Akses ini sangat penting terutama bagi desa-desa terpencil yang sulit dijangkau, sehingga tidak ada pasien yang terlantar dalam pengobatan.

5. Program Edukasi dan Pencegahan TB

Edukasi masyarakat menjadi salah satu fokus penting dalam penggunaan Dana Desa sesuai Permendes No. 7 Tahun 2023. Untuk mencegah penularan TB di desa, pemerintah desa dapat menggunakan Dana Desa untuk melaksanakan program edukasi yang melibatkan seluruh masyarakat, dari mulai anak sekolah hingga kelompok masyarakat rentan seperti lansia. Program ini bertujuan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang bahaya TB, cara penularannya, dan bagaimana mencegahnya. Dengan edukasi yang tepat, diharapkan masyarakat lebih aktif dalam menjaga kebersihan lingkungan dan mengurangi stigma terhadap pasien TB.

6. Pengobatan dan Pemantauan Kepatuhan Pengobatan

Salah satu tantangan dalam penanganan TB adalah memastikan pasien TB menjalani pengobatan hingga selesai. Permendes No. 7 Tahun 2023 memungkinkan Dana Desa digunakan untuk mendukung kegiatan pemantauan kepatuhan pengobatan pasien TB, misalnya dengan membiayai kader kesehatan yang bertugas memantau pengobatan pasien secara berkala. Program pengobatan yang tepat, terpantau, dan terjamin melalui penggunaan Dana Desa akan mempercepat penanganan kasus TB di desa.

7. Kolaborasi Lintas Sektor dalam Pengendalian Tuberkulosis

Permendes ini juga membuka peluang kolaborasi lintas sektor untuk menangani TB di desa, termasuk bekerja sama dengan dinas kesehatan, rumah sakit rujukan, serta lembaga non-pemerintah yang berfokus pada pemberantasan TB. Dana Desa dapat digunakan untuk mengadakan lokakarya dan pertemuan lintas sektor yang bertujuan menyelaraskan upaya-upaya pencegahan dan pengendalian TB di tingkat desa, sehingga tercipta sinergi yang kuat dalam melawan TB.

8. Pelaporan dan Monitoring Program Penanganan Tuberkulosis

Penggunaan Dana Desa untuk penanganan TB harus disertai dengan pelaporan dan monitoring yang baik. Permendes No. 7 Tahun 2023 mengatur bahwa setiap penggunaan Dana Desa harus dilaporkan secara transparan dan diawasi dengan ketat. Desa harus menyusun laporan mengenai program-program kesehatan yang dilakukan, termasuk keberhasilan dan tantangan dalam penanggulangan TB. *Monitoring* yang kuat akan

memastikan bahwa Dana Desa digunakan secara efektif dan tepat sasaran dalam penanganan TB.

Secara keseluruhan, Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi Nomor 7 Tahun 2023 memberikan peluang besar bagi pemerintah desa untuk berkontribusi dalam penanggulangan TB. Dengan penggunaan Dana Desa yang tepat dan terarah, desa-desa di seluruh Indonesia dapat menjadi garda terdepan dalam mendukung eliminasi TB dan meningkatkan kesehatan masyarakat secara umum.

2.3.8 Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 13 Tahun 2022

Peraturan menteri tenaga kerja (Permenaker No 13 tahun 2022) bertujuan meningkatkan upaya penanggulangan kasus TB pada kelompok usia produktif dalam upaya pelaksanaan dari keputusan Presiden RI. Peraturan tersebut mencakup berbagai aspek, mulai dari pencegahan hingga perlindungan bagi pekerja yang terkena dampak penyakit ini. Salah satu poin utama dalam peraturan ini adalah pengaturan mengenai pemeriksaan kesehatan rutin bagi pekerja, terutama bagi mereka yang berpotensi terpapar dengan risiko tinggi terhadap TB. Hal ini bertujuan untuk mendeteksi dini kasus TB dan mencegah penyebaran lebih lanjut di lingkungan kerja (Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 13 Tahun 2022).

Peraturan ini juga memuat ketentuan mengenai edukasi dan kesadaran tentang TB di tempat kerja. Perusahaan diwajibkan untuk menyediakan informasi yang jelas dan akurat mengenai penyakit ini kepada para pekerjanya. Langkah ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang gejala, penularan, serta cara pencegahan TB di kalangan pekerja, sehingga diharapkan tingkat kesadaran akan meningkat dan langkah-langkah pencegahan dapat dilakukan secara efektif.

Peraturan Menteri ini juga mengatur mengenai perlindungan dan hak bagi pekerja yang terkena TB. Pekerja yang didiagnosis menderita penyakit ini akan mendapatkan perlindungan terhadap diskriminasi di tempat kerja serta akses yang memadai terhadap perawatan medis yang diperlukan. Langkah-langkah ini bertujuan untuk menghilangkan stigma dan diskriminasi terhadap individu yang terkena TB, serta memastikan bahwa mereka mendapatkan dukungan penuh dari lingkungan kerja mereka. Peraturan menteri tenaga kerja tahun 2022 ini menunjukkan komitmen

pemerintah Indonesia dalam mengatasi masalah TB dengan pendekatan yang komprehensif dan inklusif.

2.4 Tuberkulosis

Tuberkulosis merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* merupakan bakteri Basil Tahan Asam (BTA) berbentuk batang serta tidak mengandung asam. Sebagian besar bakteri ini menginfeksi parenkim paru, tetapi bakteri ini juga dapat menginfeksi organ di luar paru-paru seperti kelenjar limfe, tulang, pleura dan lainnya (Perhimpunan Dokter Paru Indonesia, 2021; Wani, 2013).

2.4.1 Etiologi tuberkulosis

Etiologi TB adalah bakteri dari genus *Mycobacterium* yaitu *Mycobacterium tuberculosis* (Mtb), merupakan bakteri tahan asam (BTA). Sifat dari Mtb ialah basil berbentuk batang, bersifat aerob, mudah mati bila terkena sinar ultraviolet namun tahan hidup berbulan-bulan pada suhu kamar dan ruang yang lembab. Bakteri ini akan mati dalam beberapa menit setelah terkena paparan sinar ultraviolet, sedangkan dalam dahak pada suhu antara 30°C-37°C akan mati dalam waktu lebih kurang satu minggu (Chai et al., 2018; Gordon & Parish, 2018).

Data Global Tuberculosis Report 2023, diperkirakan terdapat 969.000 kasus TB paru di Indonesia pada tahun 2022, dengan angka kejadian TB 351 per 100.000 penduduk dan kematian karena TB paru sebesar 93.000 (34 per 100.000 penduduk) termasuk pada TB paru-HIV positif. Angka notifikasi kasus (case notification rate / CNR) dari semua kasus dilaporkan sebanyak 235 per 100.000 penduduk. Secara nasional diperkirakan insidens TB paru HIV sebesar 49.000 kasus (18 per 100.000 penduduk). Jumlah kasus TB paru RO diperkirakan sebanyak 9.500 kasus (diantara pasien TB paru yang ternotifikasi) yang berasal dari 2,1% kasus baru dan 11% kasus pengobatan ulang. Pada tahun 2022 angka kematian akibat TB paru adalah 34 per 100.000 populasi (tanpa TB paru-HIV) dan kematian TB dengan HIV positif sebesar 13.000 kasus (WHO, 2023).

2.4.2 Patofisiologi

Infeksi TB dimulai saat seseorang menghirup bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, bakteri ini akan masuk melalui mukosiliar saluran pernafasan sampai ke

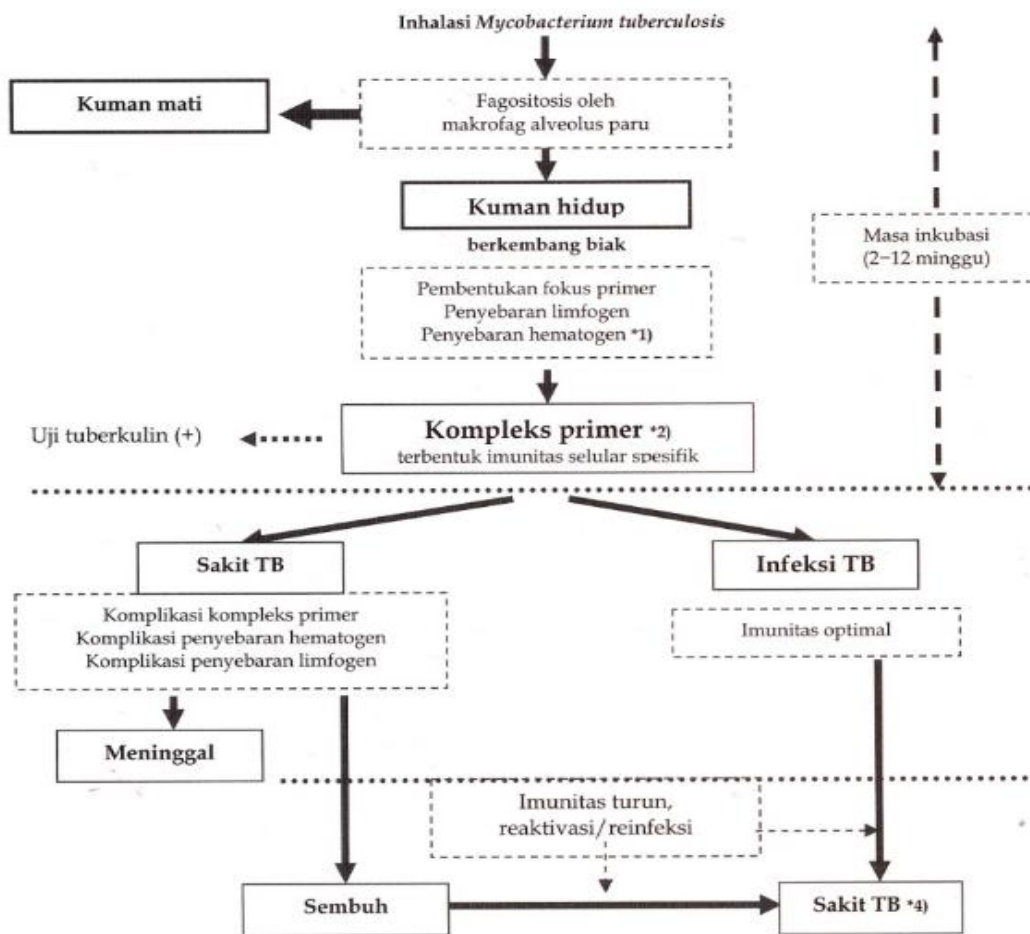
alveoli paru, selanjutnya *Mtb* melakukan multiplikasi di paru-paru membentuk *Focus Ghon*, melalui kelenjar limfe basil mencapai kelenjar limfe hilus. *Focus Ghon* dan limfadenopati hilus akan membentuk kompleks primer, serta dapat menyebar melalui pembuluh darah keseluruh tubuh. Setelah berada di ruang alveolus di bagian bawah lobus atau bagian atas lobus bakteri) ini menyebabkan peradangan. Leukosit polimorfonuklear tampak pada alveolus bagian bawah atau atas lobus dan memfagosit bakteri tetapi tidak membunuh organisme tersebut (Wani, 2013, Ravimohan et al., 2018).

Segera setelah hari pertama, leukosit digantikan oleh makrofag. Konsolidasi alveoli dan gejala pneumonia akut akan muncul. Pneumonia seluler ini dapat sembuh dengan sendirinya tanpa merusak jaringan paru-paru. Selain itu, proses ini dapat berlanjut dan bakteri terus difagosit atau berkembang biak di dalam sel. Bakteri juga masuk ke kelenjar limfe di daerah tersebut. Makrofag yang mengalami infiltrasi menjadi lebih panjang dan sebagian bersatu untuk membentuk sel tuberkel epiteloid yang dikelilingi oleh limfosit. Reaksi ini biasanya akan berlangsung antara 10-20 hari. Nekrosis sentral lesi memberikan gambaran seperti keju, lesi nekrosis ini disebut nekrosis kaseosa. Daerah nekrosis kaseosa dan jaringan granulasi di sekitarnya yang terdiri dari epiteloid dan *fibroblast* memberikan respon berbeda. Jaringan granulasi menjadi lebih fibrosa, membentuk jaringan parut yang akhirnya membentuk suatu kapsul yang mengelilingi tuberkel sehingga terbentuk kompleks Lesi ini paling umum ditemukan dalam makrofag alveolar dari bagian subpleura paru-paru. Komplek Ghon yang mengalami perkapuran ini dapat ditemukan pada orang sehat saat menjalani pemeriksaan radiologi paru. Respon lain dapat terjadi yaitu pencairan daerah nekrosis, bahan cair akan dilepaskan ke dalam bronkus dan timbul kavitas. Materi tuberkular yang dilepaskan dari dinding kavitas akan masuk ke percabangan trakeo-bronkial. Proses ini dapat terulang kembali pada bagian lain dari paru atau bakteri *Mtb* dapat terbawa ke laring, telinga tengah atau usus. Kavitas kecil dapat menutup sekalipun tanpa pengobatan dan meninggalkan jaringan parut fibrosa (Ravimohan et al., 2018; Sharma & Sarkar, 2018; Wani, 2013).

Apabila reaksi radang mereda maka lumen bronkus menyempit dan tertutup oleh jaringan parut yang terdapat dekat dengan perbatasan bronkus. Bahan perkejuan dapat mengental sehingga tidak mengalir melalui saluran yang ada dan lesi mirip dengan lesi berkapsul yang tidak terlepas. Keadaan ini tidak dapat menimbulkan gejala dalam waktu lama atau membentuk lagi hubungan dengan bronkus dan menjadi tempat peradangan

aktif. Penyakit TB dapat menyebar melalui saluran limfe atau pembuluh darah. Organisme yang lolos dari kelenjar limfe akan mencapai aliran darah dalam jumlah lebih kecil yang kadang-kadang dapat menimbulkan lesi pada berbagai organ lain menyebabkan terjadinya TB ekstrapulmoner. Penyebaran hematogen biasanya menyebabkan terjadinya TB milier. Hal ini terjadi bila focus nekrotik merusak pembuluh darah sehingga banyak organisme masuk ke dalam sistem vaskuler dan tersebar ke dalam sistem vaskuler ke organ-organ tubuh (Lee, 2015; Ravimohan et al., 2018; Sharma and Sarkar, 2018).

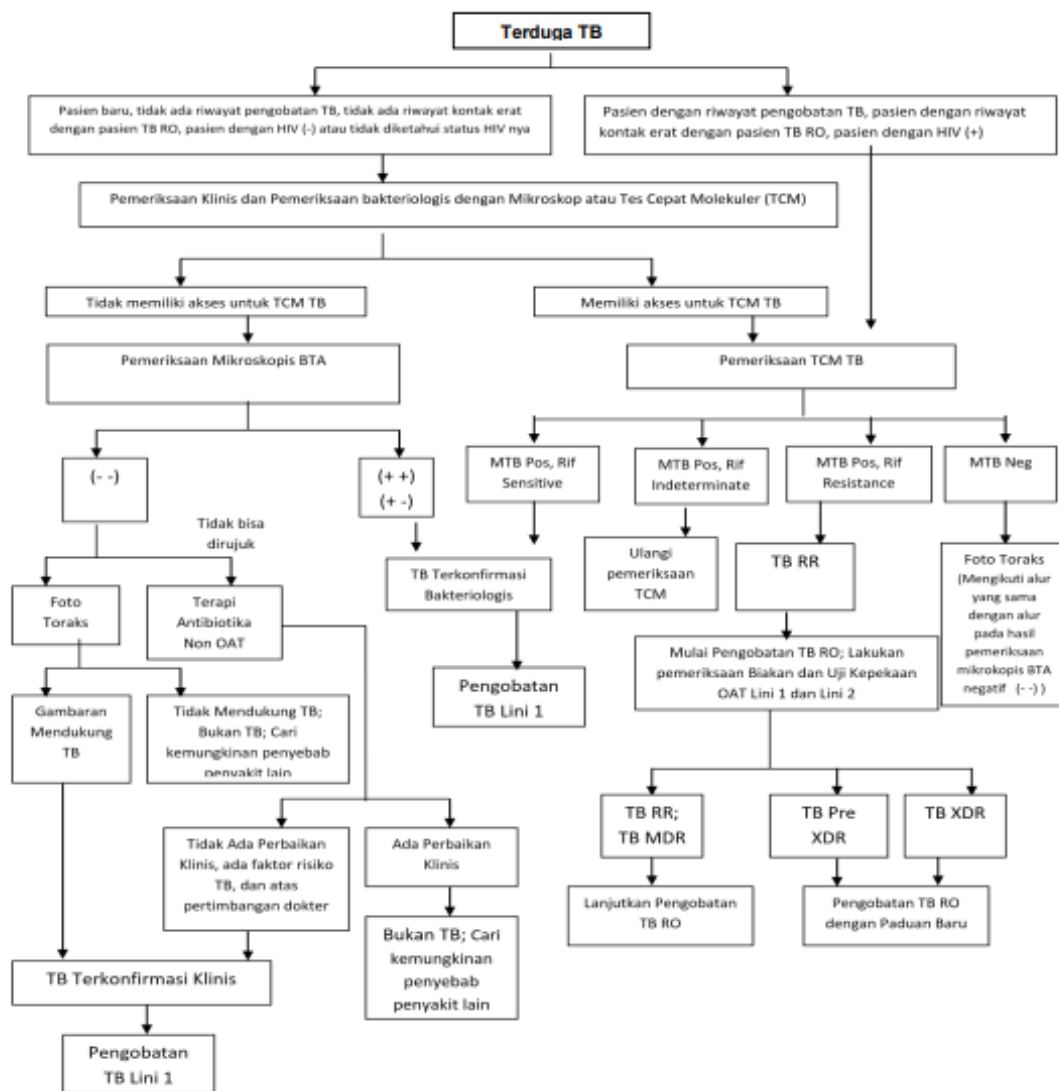
Perjalanan penyakit TB ditentukan banyaknya Mtb dan kemampuan imunitas tubuh seseorang, sebagian besar respon imun tubuh dapat menghentikan multiplikasi kuman Mtb, namun sebagian kecil basil TB akan menjadi kuman dorman. Kuman Mtb dapat menyebar ke jaringan sekitar seperti penyebaran *bronchogen* ke paru-paru sebelah lainnya, penyebaran secara hematogen dan limfogen ke organ lain seperti tulang, ginjal, otak. Terjadi setelah periode beberapa bulan atau tahun setelah infeksi primer, bila daya tahan tubuh menurun akan terjadi reaktivasi kuman dorman pada jaringan setelah mengalami multiplikasi. Berbagai kondisi seperti adanya sumber infeksi, jumlah basil cukup, virulensi kuman tinggi dan daya tahan tubuh menurun dapat menyebabkan terjadi reinfeksi (Ravimohan et al., 2018; Sharma and Sarkar, 2018; CDC, 2019; Dirjen P2P, 2022).



Gambar 2.1. Infeksi tuberkulosis
(Kemenkes RI, 2020b)

2.4.3 Diagnosis Tuberkulosis

Pemeriksaan bakteriologis mencakup pemeriksaan apusan dari sediaan biologis seperti sputum atau spesimen lain, pemeriksaan biakan, dan identifikasi Mtb atau metode diagnostik cepat sesuai rekomendasi WHO. Pasien yang dicurigai menderita TB harus menjalani pemeriksaan bakteriologis untuk diagnosis pasti TB. Bila pemeriksaan laboratorium TB dilaksanakan di daerah yang dipantau mutu eksternal kasus TB paru BTA positif ditegakkan berdasarkan hasil pemeriksaan BTA positif dari minimal satu spesimen. Namun, pada daerah laboratorium tidak diawasi, kasus TB BTA positif ditegakkan jika paling sedikit ada dua spesimen yang menunjukkan BTA positif (Kim et al., 2021; Ningsih et al., 2022). Berikut adalah alur untuk diagnosis TB:



Gambar 2.2. Alur diagnosis tuberkulosis
(Kemenkes RI, 2020b)

2.4.4 Terapi tuberkulosis

Pemberian terapi farmakologi pada tuberkulosis bertujuan untuk menyembuhkan penyakit, mempertahankan kualitas hidup serta produktivitas pasien. Tujuan terapi yang lain adalah mencegah kekambuhan TB, mengurangi sebagai sumber infeksi bagi orang lain, mencegah morbiditas dan mortalitas, mencegah terjadinya resistensi obat tuberkulosis. Pengobatan TB merupakan salah satu upaya paling efisien untuk mencegah penyebaran lebih lanjut dari bakteri penyebab TB. Pengobatan yang adekuat harus memenuhi prinsip:

1. Pengobatan diberikan dalam bentuk paduan OAT yang tepat mengandung minimal 4 macam obat untuk mencegah terjadinya resistensi.
2. Diberikan dalam dosis yang tepat.
3. Obat diminum secara teratur dan diawasi secara langsung oleh PMO (pengawas menelan obat) sampai selesai masa pengobatan.
4. Pengobatan diberikan dalam jangka waktu yang cukup terbagi dalam tahap awal serta tahap lanjutan untuk mencegah kekambuhan.

Paduan OAT untuk pengobatan TB-SO di Indonesia adalah: 2RHZE / 4 RH. Fase pengobatan TB terdiri dari 2 fase, yaitu 1. fase intensif pengobatan diberikan setiap hari berupa kombinasi 4 obat berupa Rifampisin (R), Isoniazid (H), Pirazinamid (Z), dan Etambutol (E) selama 2 bulan pertama. (Kim et al., 2021; Ningsih et al., 2022) Paduan pengobatan pada tahap ini adalah dimaksudkan untuk secara efektif menurunkan jumlah kuman yang ada dalam tubuh pasien dan meminimalisir pengaruh dari sebagian kecil kuman yang mungkin sudah resisten sejak sebelum pasien mendapatkan pengobatan. Pengobatan tahap awal pada semua pasien baru, harus diberikan selama 2 bulan. Pada umumnya dengan -pengobatan secara teratur dan tanpa adanya penyulit, daya penularan sudah sangat menurun setelah pengobatan selama 2 minggu pertama. 2. Fase lanjutan, pengobatan tahap lanjutan bertujuan membunuh sisa-sisa kuman yang masih ada dalam tubuh, khususnya kuman persisten sehingga pasien dapat sembuh dan mencegah terjadinya kekambuhan. Durasi tahap lanjutan selama 4 bulan berupa pemberian Isoniazid (H) dan Rifampisin (R) selama 4 bulan diberikan sebagai dosis harian (RH) sesuai dengan rekomendasi WHO. Adapun dosis rekomendasi OAT lini pertama yang direkomendasikan untuk pengobatan TB di Indonesia sebagai berikut (Kementerian Kesehatan RI, 2020)

Tabel 2.1. Dosis Obat Anti Tuberkulosis (OAT)

	Dosis rekomendasi harian		3 kali perminggu	
	Dosis (mg/kgBB)	Maksimum (mg)	Dosis (mg/kgBB)	Maksimum (mg)
Isoniazid	5 (4-6)	300	10 (8 – 12)	900
Rifampisin	10 (8 -12)	600	10 (8 – 12)	600
Pirazinamid	25 (20 – 30)	-	35 (30 – 40)	-
Etambutol	15 (15-20)	-	30 (25-35)	-
Streptomisin*	15 (12-18)	-	15 (12- 18)	-

Tabel 2.2. Dosis OAT Lepasn lini pertama untuk pengobatan TB-Sensitif obat (SO)

Nama Obat	Dosis harian	
	Dosis (mg/kgBB)	Dosis Maksimum (mg)
Rifampisin (R)	10 (8 -12)	600
Isoniazid (H)	5 (4-6)	300
Pirazinamid (Z)	25 (20 – 30)	-
Etambutol (E)	15 (15-20)	-
Streptomisin*	15 (12-18)	-

Tabel 2.3. Dosis OAT untuk pengobatan TB-SO menggunakan tablet kombinasi dosis tetap (KDT)

Berat Badan (kg)	Fase intensif setiap hari dengan KDT RHZE (150/75/400/275)	Fase lanjutan setiap hari dengan KDT RH (150/75)
Selama 8 minggu		Selama 16 minggu
30 – 37 kg	2 tablet 4KDT	2 tablet
38 – 54 kg	3 tablet 4KDT	3 tablet
≥ 55 kg	4 tablet 4KDT	4 tablet

Hasil pengobatan ditetapkan berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan pada akhir pengobatan, dibagi menjadi beberapa kriteria yaitu sembuh, pengobatan lengkap, putus obat, meninggal dan lain-lain (Kementerian Kesehatan RI, 2020).

Tabel 2.4. Kriteria hasil pengobatan

Hasil	Definisi
Sembuh	Pasien TB paru dengan konfirmasi bakteriologis positif pada awal pengobatan dan BTA sputum negatif atau biakan negatif pada akhir pengobatan dan memiliki hasil pemeriksaan negatif pada salah satu pemeriksaan sebelumnya.
Pengobatan lengkap	Pasien TB yang telah menyelesaikan pengobatan secara lengkap dan tidak memiliki bukti gagal pengobatan tetapi juga tidak memiliki hasil BTA sputum atau biakan negatif pada akhir pengobatan dan satu pemeriksaan sebelumnya, baik karena tidak dilakukan atau karena hasilnya tidak ada.
Pengobatan gagal	Pasien TB dengan hasil pemeriksaan BTA sputum atau biakan positif pada bulan kelima atau akhir pengobatan
meninggal	Pasien TB yang meninggal dengan alasan apapun sebelum dan selama pengobatan TB
Putus obat	Pasien TB yang tidak memulai pengobatan setelah terdiagnosis TB atau menghentikan pengobatan selama 2 bulan berturut-turut atau lebih
Tidak dievaluasi	Pasien yang tidak memiliki hasil pengobatan pada saat akhir pelaporan kohort pengobatan, termasuk pasien yang sudah pindah ke fasilitas kesehatan lain dan tidak diketahui hasil pengobatannya oleh fasilitas yang merujuk pada batas akhir pelaporan kohort pengobatan
Keberhasilan pengobatan	Jumlah kasus dengan hasil pengobatan sembuh dan lengkap.

Sebagian besar pasien TB dapat menyelesaikan terapi farmakologi tanpa mengalami efek samping yang bermakna. Namun, selama menjalani proses terapi kemungkinan sebagian kecil pasien dapat mengalami efek samping yang signifikan sehingga mengganggu pekerjaannya sehari-hari. Pemantauan gejala klinis pasien selama pengobatan sehingga efek tidak diinginkan tersebut dapat dideteksi segera dan tatalaksana dengan tepat sangat perlu dilakukan dalam upaya mendukung kepatuhan pasien minum obat. Efek samping neuropati perifer menunjukkan gejala kebas atau rasa seperti terbakar pada tangan atau kaki sering ditemukan pada pasien yang mendapatkan terapi OAT. Keluhan efek samping obat lebih sering terjadi pada berbagai kondisi seperti perempuan hamil, orang dengan HIV, kasus penyalahgunaan alkohol, malnutrisi, diabetes, penyakit

hati kronik, dan gagal ginjal (DASOPANG et al., 2020; Ningsih et al., 2022; Vita et al., 2020).

Keluhan neuropati perifer dapat diatasi dengan memberikan terapi pencegahan berupa pemberian piridoksin 25 mg/hari bersamaan dengan OAT. Efek tidak diinginkan dari pengobatan OAT dapat dibagi menjadi efek mayor dan minor. Pasien yang mengalami efek samping OAT minor sebaiknya melanjutkan pengobatan dan diberikan terapi simptomatik. Selama menjalani pengobatan apabila timbul efek samping mayor maka paduan OAT atau OAT penyebab sebaiknya dihentikan pemberiannya. Efek samping dibagi atas 2 klasifikasi yaitu efek samping berat dan ringan. Bila terjadi efek samping yang masuk ke dalam klasifikasi berat, maka OAT dihentikan segera dan pasien dirujuk ke fasilitas yang lebih tinggi (Vita et al., 2020).

2.5 Kepatuhan Minum Obat

Kepatuhan minum obat diartikan sejauh mana perilaku seseorang dalam mengkonsumsi obat mengikuti perubahan pola makan/atau daya hidup, dinilai berdasarkan kesesuaian dengan yang direkomendasikan dan telah disepakati bersama. Dikutip dari studi lain, menurut WHO ada lima dimensi kepatuhan pengobatan yaitu faktor terkait dengan sosial-ekonomi, sistem kesehatan, terapi, kondisi dan faktor pasien (WHO, 2005).

Tabel 2.5. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kepatuhan minum obat berdasarkan kategori lima dimensi kepatuhan pengobatan

Peneliti	Sosial - ekonomi	Sistem kesehatan	Terapi obat	Pasien	Kondisi
Ruru, et al. (2018)	V		V	V	
Fitri LD, et al (2018)	V			V	
Ulfah, et al. (2018)	V	V	V		
Hamidi, et al. (2019)	V	V	V		
Rusman, Basri SK. (2019)	V			V	
Rachmawati DS,et al (2020),				V	V
Andriati R, Sudrajat A (2020)		V	V	V	

Peneliti	Sosial - ekonomi	Sistem kesehatan	Terapi obat	Pasien	Kondisi
Aini L, Astuti L. (2020)		V	V		
Rosadi D. (2020)				V	
Diesty UAF, et al. (2020)	V			V	
Listyarini AD, Heristiana DM (2021)	V			V	
Mujamil, et al. (2021)	V	V		V	
Lucya V, Arief NT (2022)	V		V		
Syahridal, et al. (2022)	V	V	V	V	
Astuti EA, et al. (2022)		V			
Syafruddin, et al. (2022)	V	V		V	
Hayati SM, et al. (2022)	V				V
Ahdiyah NN, et al. (2022)	V				
Sukatemin. (2022)		V	V	V	
Susilo A, et al. (2023)	V				
Karuniawati H, et al. (2023)			V		
Girsang YB. (2023)					V
Siburian, et al. (2023)	V				
Nasrullah D, et al. (2023)	V				

Sumber: Analisis Literature Review

Tingkat pendidikan dalam beberapa studi disimpulkan berhubungan dengan kepatuhan minum obat (Hamidi et al., 2019; Lucya & Arief, 2022; Nasrullah et al., 2023; Ulfah et al., 2018). Pada kelompok pendidikan tinggi mereka lebih mudah untuk mengakses informasi maupun fasilitas kesehatan, pendidikan berkaitan erat pemahaman penyakit, risiko bila tidak diobati. Penderita TB dengan tingkat pendidikan tinggi memiliki tingkat kepatuhan lebih baik sebesar 22.077 kali dibandingkan pasien dengan tingkat pendidikan yang lebih rendah (Nasrullah et al., 2023). Selain itu informasi penyakit lain yang berhubungan dengan TB juga memengaruhi keberhasilan terapi, salah satu penyakit menyerta yang sering ditemukan pada penderita TB adalah diabetes

mellitus, sehingga kontrol gula dan pengobatan penyakit penyerta menentukan keberhasilan terapi TB (Septa, 2023).

Penderita TB paru lebih banyak ditemukan pada jenis kelamin laki-laki, dan pada usia produktif (Hamidi et al., 2019; Nasrullah et al., 2023; Syahridal et al., 2022; Ulfah et al., 2018). Penderita TB lebih banyak pada laki-laki dikaitkan dengan riwayat kebiasaan merokok dan aktivitas sehari-hari di luar rumah dan pencari nafkah untuk keluarga. Usia menunjukkan ada hubungan dengan penerimaan dan komitmen menjalani terapi sehingga akan meningkatkan kepatuhan minum obat (Hayati, 2019). Jenis pekerjaan di luar ruangan dan faktor lingkungan pekerjaan meningkatkan risiko kemungkinan terinfeksi TB. Berdasarkan jenis kelamin angka putus obat pada laki-laki lebih tinggi karena kesibukan bekerja sehingga kurang waktu untuk mengunjungi fasilitas kesehatan, sedangkan Perempuan lebih peduli dengan kesehatan dan biasanya menjalani pengobatan dengan teratur (D. L. Fitri et al., 2018; Nasrullah et al., 2023).

Faktor dukungan keluarga disimpulkan berhubungan dengan kepatuhan terapi pasien TB (Diesty et al., 2020; D. L. Fitri et al., 2018; Hamidi et al., 2019; Hanifah & Siyam, 2021; Harfiani et al., 2020; Lucya & Arief, 2022; Sukatemin, 2022). Dukungan keluarga berupa penerimaan keluarga dan menerima kondisi penyakit pasien akan memberikan nilai tambah bagi pasien selama menjalani terima. Keluarga merupakan orang terdekat yang memahami keluhan penyakit, proses terapi pasien. Keluarga dapat menjadi pengawas minum obat, sehingga perlu dilakukan training bagi pengawas minum obat sehingga dapat mengerti fungsi dan tugasnya dengan baik (Astuti et al., 2022)

Pasien TB dengan status menikah menunjukkan kepatuhan lebih baik, dukungan dari suami-istri ataupun anak dalam menjalani terapi jangka panjang TB. Status duda/janda lebih mungkin untuk putus obat dibandingkan dengan kelompok menikah atau belum menikah (Nasrullah et al., 2023).

Status ekonomi pasien, penghasilan juga merupakan faktor yang berkaitan dengan kepatuhan. Kondisi tempat tinggal, biaya untuk pengobatan, status nutrisi secara langsung berkaitan dengan penghasilan (Ahdiyah et al., 2022; Hamidi et al., 2019; Nasrullah et al., 2023). Kebutuhan nutrisi terutama protein sangat diperlukan untuk dalam keberhasilan pengobatan, nutrisi akan memberikan dampak terhadap status imunitas secara tidak langsung (Kono et al., 2021).

Fasilitas kesehatan yang mudah dijangkau dari lokasi perumahan penduduk, tenaga kesehatan, fasilitas pendukung diagnosis, ketersediaan instalasi farmasi, serta fasilitas media informasi maupun fasilitas teknologi modern berhubungan dengan kepatuhan terapi. Dukungan dari tenaga kesehatan sangat diperlukan, upaya kesehatan promotif seperti penyuluhan dan edukasi pencegahan penularan TB perlu dilakukan secara aktif. Selain itu informasi tentang gejala penyakit, obat yang akan diberikan, lamanya pengobatan memberikan dampak terhadap kepatuhan minum obat (Astuti et al., 2022; Diesty et al., 2020; Hamidi et al., 2019; Harfiani et al., 2020; Ruru et al., 2018; Sakufa Marsanti et al., 2021; Sukatemin, 2022; Syafruddin et al., 2022; Ulfah et al., 2018).

TB dibagi menjadi beberapa kategori yaitu TB sensitif obat, resistensi obat, *multidrug resistance* maupun XDR TB. Tergantung dari kategori ini maka jenis dan lama terapi akan berbeda-beda. Pada kasus TB sensitif obat diberikan 4 jenis obat dalam bentuk fix kombinasi dalam dua bulan pertama dan dilanjutkan dua jenis obat selama empat bulan, sehingga jangka waktu terapi minimal enam bulan (Dirjen P2P, 2005; Kemenkes RI, 2004). Ketersediaan obat secara lengkap, maupun informasi yang jelas kepada pasien tentang penggunaan obat, kemungkinan efek samping yang akan timbul dapat meningkatkan kepatuhan pasien minum obat (Andriati & Sudrajat, 2020a; Hamidi et al., 2019; Harfiani et al., 2020; Lucya & Arief, 2022; D. S. Rachmawati et al., 2020; Ulfah et al., 2018). Informasi tentang perjalanan penyakit, komplikasi penyakit bila tidak diobati dan akibat putus obat perlu disampaikan ke pasien dan menjadi pengetahuan pasien TB. Informasi tentang efek samping perlu disampaikan kepada petugas medis dan perlu ditanggapi dengan baik sehingga pasien tidak menjadi takut akan obat, pengawas minum obat memegang peranan penting untuk menyelesaikan pengobatan, informasi terkait efek samping obat dan perlu disampaikan ke petugas kesehatan perlu diinformasikan ke pengawas minum obat. Efek samping obat yang dirasakan memberi dampak pada aktivitas sehari-hari sehingga pasien akan stop pengobatan sendiri (Lucya & Arief, 2022; D. S. Rachmawati et al., 2020; L. R. Rachmawati et al., 2023; Syahridal et al., 2022). Jangka waktu pengobatan panjang meningkatkan risiko putus obat, pemberian obat pada fase intensif dua bulan pertama pasien akan merasakan manfaat terapi atau keadaan lebih baik dan akan melakukan stop pengobatan sendiri. Terkait lama pengobatan, pada pasien

yang menjalani terapi ≥ 2 bulan akan mempunyai risiko 2.7 kali untuk tidak teratur dalam minum obat (Dwiningrum et al., 2021).

Gaya hidup dikaitkan dengan sikap. Sikap akan membentuk perilaku sesuai dengan keyakinan dan kepercayaan penderita. Peningkatan sikap akan meningkatkan kepatuhan minum obat (Listyarini, 2021). Sikap adalah reaksi interval seseorang yang dipengaruhi oleh pengalaman pribadi, lingkungan dan orang sekitar, agama, faktor emosi. Sikap akan membentuk perilaku untuk mencegah penularan, menjaga kebersihan dan perilaku hidup sehat untuk mendukung keberhasilan terapi selain kepatuhan minum obat (Andriati & Sudrajat, 2020a; Diesty et al., 2020; D. L. Fitri et al., 2018; Ruru et al., 2018; Rusman & Basri K, 2019a; Sartik et al., 2017). Terdapat beberapa faktor lain yang berhubungan dengan kepatuhan terapi berdasarkan pencarian literatur antara lain jarak ke fasilitas kesehatan, biaya transportasi, sikap petugas, motivasi pasien, motivasi keluarga, tingkat stres keluarga, ketahanan keluarga, persepsi manfaat, keyakinan sembuh, efikasi diri, dukungan sosial.

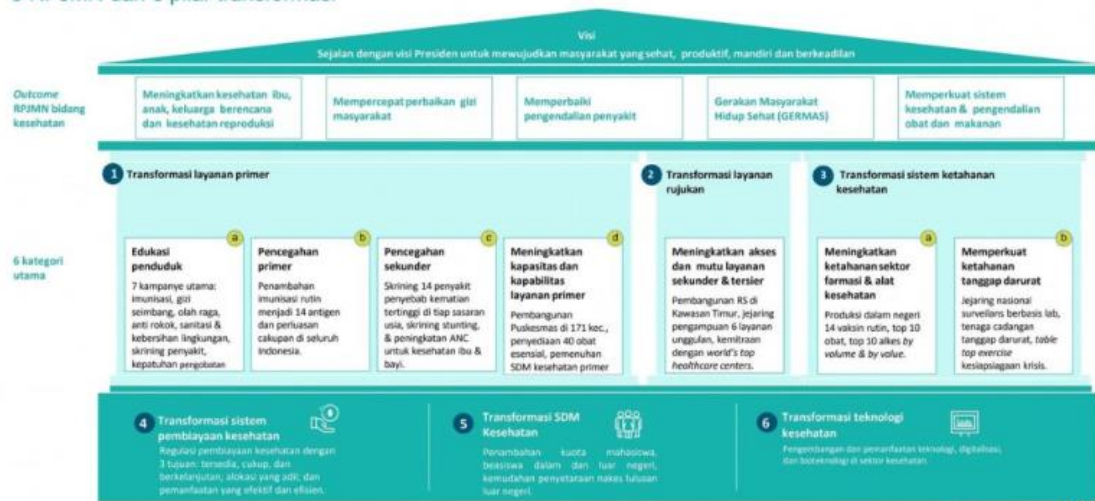
2.6 Transformasi Kesehatan

Pada tahun 2022, satu tahun setelah dilantik, Menteri Kesehatan Budi Gunadi Sadikin meluncurkan enam pilar transformasi kesehatan. Enam pilar ini sejalan dengan visi presiden untuk menciptakan masyarakat yang sehat, produktif, mandiri, dan berkeadilan, serta sebagai bagian dari upaya reformasi di sektor kesehatan. Melalui pelaksanaan keenam pilar ini, Menteri Kesehatan berharap Indonesia memiliki sistem kesehatan yang lebih baik, kuat, dan terintegrasi dengan sistem kesehatan global. Transformasi ini memerlukan perubahan pada Rencana Strategis (Renstra) Kementerian Kesehatan dan membutuhkan kerjasama dari seluruh pihak, baik pemerintah, swasta, maupun organisasi masyarakat. Enam pilar ini dibagi menjadi 18 program prioritas, yang mengacu pada Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024. Pilar pertama adalah Transformasi Layanan Primer, yang mencakup jaringan layanan kesehatan seperti Puskesmas, Posyandu, dan laboratorium kesehatan masyarakat. Fokus utamanya adalah promosi kesehatan, penanganan stunting, perluasan imunisasi, dan pencegahan penyakit seperti TB. Pilar kedua adalah Transformasi Layanan Rujukan, yang berfokus pada peningkatan kualitas rumah sakit dan fasilitas kesehatan rujukan. Pilar ketiga yaitu Transformasi Ketahanan Kesehatan (*Health Security*) yang memperkuat

sistem kesehatan dalam menghadapi ancaman kesehatan dan pandemi. Pilar keempat adalah Transformasi Sistem Pembiayaan Kesehatan yang bertujuan menguatkan sistem pembiayaan kesehatan nasional. Pilar kelima yaitu Transformasi SDM Kesehatan yang berfokus pada peningkatan kualitas dan pemerataan tenaga kesehatan. Pilar keenam adalah Transformasi Teknologi Kesehatan yang mengembangkan sistem digitalisasi kesehatan terintegrasi (Kementrian kesehatan, 2023).

Transformasi sistem kesehatan 2021-2024

5 RPJMN dan 6 pilar transformasi



Gambar 2.3. Transformasi sistem kesehatan 6 pilar transformasi

Setelah memaparkan secara singkat keenam pilar transformasi kesehatan, perhatian utama dalam tulisan ini akan difokuskan pada pilar keenam, yaitu Transformasi Teknologi Kesehatan. Pilar ini memiliki peran strategis dalam memperkuat sistem kesehatan nasional melalui pemanfaatan teknologi modern yang efisien, terintegrasi, dan berkelanjutan. Program yang diampu meliputi Rekam Medik Elektronik serta *Biomedical and Genome Science Initiative* (BGS-I). Transformasi ini diharapkan mampu mendukung layanan kesehatan yang lebih cepat, tepat, dan inklusif, sekaligus membuka jalan bagi inovasi di bidang kesehatan menuju era digitalisasi yang lebih maju.

Pada sistem pembangunan kesehatan, transformasi teknologi kesehatan menjadi salah satu bagian penting. Perannya ialah melakukan pemanfaatan teknologi informasi dan bio teknologi yang berada di sekitar kesehatan. Pemanfaatan ini akan membuat dunia kesehatan di Indonesia dapat lebih beradaptasi. Terdapat 4 indikator kinerja yang menjadi program prioritas Kementerian Kesehatan dalam transformasi teknologi kesehatan

1. Jumlah sistem data kesehatan Indonesia yang terstandar dan terintegrasi. Kementerian Kesehatan menargetkan 100 sistem data dan seluruhnya tercapai.
2. Jumlah integrasi platform aplikasi dari sistem kesehatan Indonesia. Dari 8.000 target integrasi platform, bisa tercapai 9.355 integrasi platform.
3. Jumlah data biospesimen yang tersedia dan dimanfaatkan pada platform Biobank dalam *Biomedical Genome-based Science initiative*. Dari target 750 data biospesimen, tercapai 562,5 data biospesimen.
4. Persentase pengembangan *Hubs Biomedical Genome-based Science Initiative* ditargetkan 20% dan bisa tercapai 50% (Kementrian kesehatan, 2023).

2.7 Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB)

Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB) adalah sistem yang dirancang oleh Kementerian Kesehatan Indonesia untuk mendukung pengendalian penyakit TB melalui pengumpulan, pengelolaan, dan analisis data terkait kasus TB di seluruh Indonesia. SITB memungkinkan integrasi data dari berbagai fasilitas kesehatan, mulai dari puskesmas hingga rumah sakit rujukan, sehingga memudahkan proses pelaporan, monitoring, dan evaluasi penanganan TB. SITB diharapkan meningkatkan dukungan dan kerja sama pemerintah daerah dan fasilitas pelayanan kesehatan dalam melakukan pencatatan dan pelaporan terhadap setiap kejadian penyakit TB terhadap upaya penanggulangan TB di Indonesia dapat dilaksanakan secara efektif, efisien dan berkesinambungan (Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan Kementerian Kesehatan, 2020).

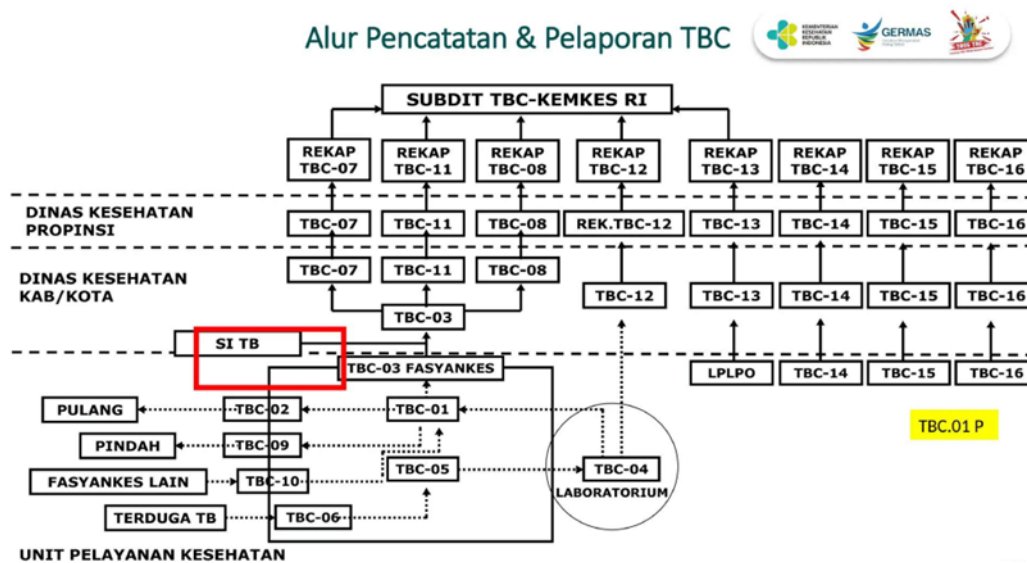
SITB merupakan alat penting dalam upaya penanganan dan pengendalian penyakit TB di fasilitas pelayanan kesehatan. SITB digunakan untuk mencatat dan melaporkan data pasien secara sistematis, sehingga mempermudah pengawasan, evaluasi, dan pelaporan kasus TB. Proses ini dimulai dari pendaftaran pasien di poli TB, pemeriksaan laboratorium, hingga hasil pengobatan pasien. Dengan SITB, fasilitas pelayanan kesehatan dapat memantau setiap tahapan perawatan pasien TB, memastikan diagnosis dan pengobatan yang tepat, serta mengurangi risiko penularan dan resistensi obat.

Merujuk pada kerangka konseptual SITB, sistem pelaporan ini terdiri dari beberapa modul, yang berfungsi sebagai indikator keberhasilan dalam penanganan kasus TB. Setiap modul mengelola aspek penting dalam proses diagnosis, pengobatan, dan

pemantauan pasien TB, yang bertujuan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dan efisien. Pelaporan data SITB menggunakan sistem online dan terdiri dari 10 modul, modul pertama adalah modul kasus TB, modul ini berfokus pada pencatatan data pasien TB seperti jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, indeks massa tubuh, dan riwayat pengobatan atau kondisi lain yang relevan. Pengelolaan data ini membantu mengidentifikasi kondisi pasien dan memastikan pemilihan intervensi yang tepat. Modul manajemen kontak pasien merupakan modul kedua, di dalam modul ini, jumlah kontak erat dari pasien dan situasi tempat tinggal mereka dipantau secara sistematis. Langkah ini penting dalam upaya pencegahan penularan TB lebih lanjut, terutama di lingkungan keluarga dan komunitas (Petunjuk Teknis SITB Kementerian kesehatan, 2023).

Selanjutnya modul tiga modul manajemen laboratorium, pada modul ini, data laboratorium yang mencakup pemeriksaan klinis, tes diagnostik, dan hasil konversi dari darah atau dahak pasien dikelola secara terpusat. Teknologi molekuler seperti tes cepat molekuler (TCM) berperan penting dalam mempercepat diagnosis yang akurat. Modul empat manajemen pengobatan modul ini mengelola informasi pengobatan yang meliputi jenis pengobatan, status kepatuhan pasien, riwayat pengobatan sebelumnya, serta efek samping dari obat yang diberikan. Data ini penting untuk memastikan pasien menjalani terapi yang benar dan mengurangi risiko resistensi obat.

Modul kelima sampai kesepuluh dari SITB terdiri dari modul *enabler* (manajemen intensif dan notifikasi pembayaran), modul data dasar (manajemen data dasar fasyankes), modul logistik (pemesanan, penerimaan, pengiriman, pending, notifikasi OAT), modul pelaporan (manajemen pendukung bentuk *report*, *report* pasien TB SO dan TB RO, manajemen *report online*), modul administrasi (manajemen referensi, manajemen aktivitas audit, manajemen area kerja), dan modul sistem informasi geografis (membuat peta tematik, manajemen lapisan fasilitas, mencari lokasi, menghitung jarak dan luasan pada peta, mendapatkan latitude dan longitude pada lokasi sembarang dan lain-lain) (Petunjuk Teknis SITB Kementerian kesehatan, 2023).

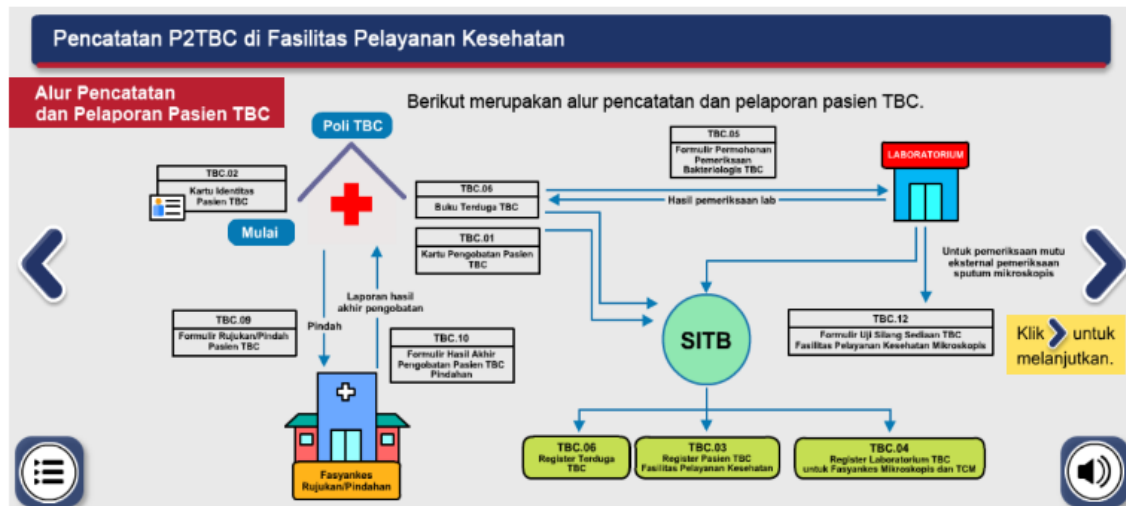


Gambar diatas (gambar 2.4) menggambarkan alur pencatatan dan pelaporan TB di Indonesia, yang melibatkan berbagai tingkatan sistem kesehatan. Proses ini dimulai dari Unit Pelayanan Kesehatan, di mana pasien yang terduga TB pertama kali dicatat menggunakan form TBC-06 untuk pemeriksaan awal. Jika pasien menjalani tes laboratorium, hasilnya akan direkam menggunakan form TBC-04, yang kemudian dianalisis untuk menentukan apakah pasien terkonfirmasi TB. Jika terkonfirmasi, pasien dimasukkan ke dalam form TBC-01 untuk memulai pengobatan. Apabila pasien berpindah fasyankes atau selesai pengobatan, pencatatannya dilakukan melalui form TBC-09 dan TBC-02.

Selanjutnya, di tingkat dinas kesehatan kabupaten/kota, data dari fasyankes dikumpulkan dalam SITB dan dilaporkan menggunakan form TBC-03. Data ini juga dirangkum dalam berbagai form pelaporan lainnya, seperti TBC-07 untuk pencatatan di tingkat kabupaten/kota dan TBC-11 untuk pelaporan ke dinas kesehatan provinsi. Di tingkat provinsi, data yang diterima akan diteruskan ke Subdit TBC Kementerian Kesehatan RI, di mana semua laporan dari berbagai provinsi diintegrasikan menggunakan form rekapitulasi TBC-12 hingga TBC-16, yang mencakup data pengobatan dan hasil penanggulangan TB di seluruh Indonesia.

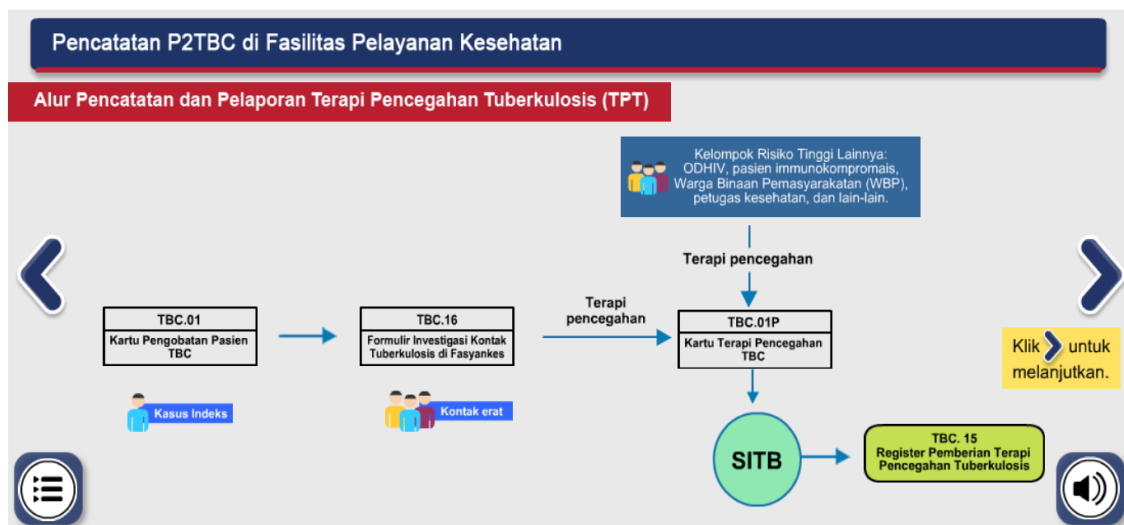
Semua data dari masing-masing modul yang terintegrasi ke dalam database SITB, yang merupakan pusat pengelolaan informasi untuk mendukung program pengendalian

TB nasional. Penggunaan sistem ini memungkinkan pemantauan yang lebih ketat dan pengambilan keputusan berbasis data untuk meningkatkan keberhasilan penanganan TB.



Gambar 2.5. Alur pencatatan dan Pelaporan Pasien TB di Fasilitas Pelayanan Kesehatan

Alur pencatatan dan pelaporan pasien TB di fasilitas pelayanan kesehatan dimulai ketika pasien datang untuk mendapatkan diagnosis. Hasil diagnosis, termasuk status pasien dan hasil laboratorium, dicatat dalam SITB. Data yang dimasukkan ke dalam SITB mencakup informasi tentang pengobatan dan terapi yang diterima oleh pasien, serta perkembangan kondisi pasien selama menjalani pengobatan. Fasilitas kesehatan kemudian mengirimkan laporan rutin ke SITB untuk dimonitor lebih lanjut. Selain itu, laporan ini juga dikirimkan ke Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota, yang kemudian dilanjutkan ke Dinas Kesehatan Provinsi dan akhirnya ke Kementerian Kesehatan untuk pemantauan dan evaluasi program pengendalian TB di tingkat nasional.



Gambar 2.6. Alur pencatatan dan pelaporan pasien TB pada Terapi Pencegahan Tuberkulosis

Sementara itu, untuk alur pencatatan dan pelaporan Terapi Pencegahan Tuberkulosis (TPT), pasien yang memenuhi syarat untuk terapi pencegahan akan dicatat di fasilitas kesehatan. Setelah terapi dimulai, semua data terkait terapi pencegahan dicatat dan dilaporkan ke SITB. Laporan ini mencakup informasi terapi yang diberikan kepada pasien untuk mencegah berkembangnya TB aktif. Data ini kemudian diteruskan ke tingkat kabupaten, provinsi, hingga Kementerian Kesehatan, sehingga bisa dipantau secara nasional (Perhimpunan Dokter Paru Indonesia, 2021).

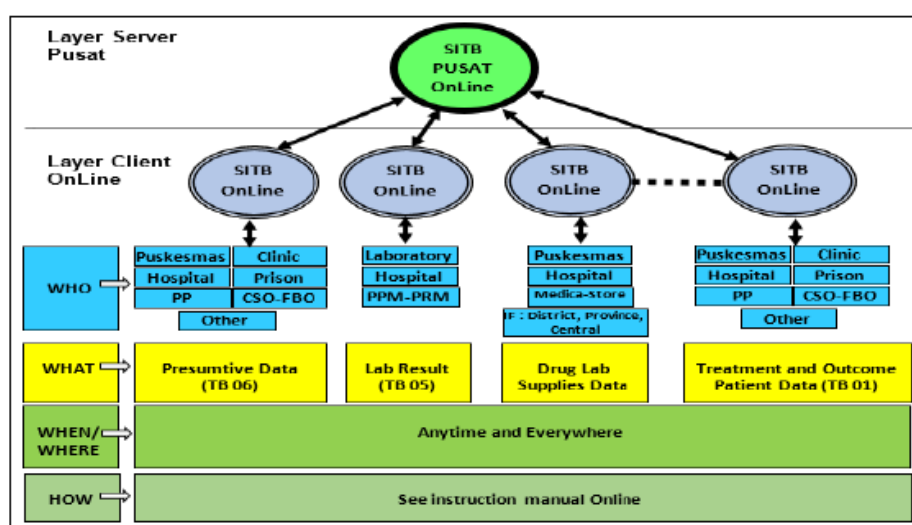
SITB sangat penting karena TB masih menjadi salah satu masalah kesehatan serius di Indonesia, yang merupakan negara dengan beban TB tertinggi kedua di dunia setelah India. Penyakit ini membutuhkan penanganan yang cepat, tepat, dan komprehensif untuk mencegah penyebaran lebih lanjut. Dengan adanya SITB, proses pencatatan dan pelaporan menjadi lebih terstandarisasi, sehingga meminimalkan kesalahan atau kelambatan dalam identifikasi kasus. SITB juga memungkinkan pemantauan pasien secara *real-time*, baik dalam hal kepatuhan terhadap pengobatan maupun deteksi awal kasus-kasus baru, sehingga upaya penanggulangan TB dapat dilakukan lebih efektif (Kementerian Kesehatan RI, 2020).

Berbagai pihak berperan dalam implementasi SITB di Indonesia, termasuk Kementerian Kesehatan sebagai pengelola utama sistem, Dinas Kesehatan Provinsi dan

Kabupaten/Kota, serta fasilitas kesehatan (puskesmas, rumah sakit, dan klinik TB). Selain itu, tenaga kesehatan di tingkat fasilitas pelayanan juga memegang peran penting dalam input dan pengelolaan data pasien TB. Organisasi internasional seperti WHO dan USAID (*United States Agency for International Development*) turut mendukung melalui penyediaan teknis, pendanaan, dan pelatihan bagi petugas kesehatan terkait penggunaan SITB. Dengan keterlibatan berbagai pihak, koordinasi yang kuat antara pusat dan daerah menjadi kunci keberhasilan dalam implementasi sistem ini .

SITB diimplementasikan di seluruh Indonesia, mencakup fasilitas kesehatan yang tersebar di tingkat nasional hingga desa. Setiap puskesmas, rumah sakit, dan klinik TB diharuskan menggunakan SITB untuk melaporkan data pasien yang terdeteksi TB. Sistem ini juga terhubung dengan jaringan fasilitas kesehatan swasta, yang kerap kali juga menangani pasien TB. Selain itu, SITB juga digunakan oleh dinas kesehatan di tingkat provinsi dan kabupaten/kota untuk memantau situasi epidemiologi TB di wilayahnya masing-masing dan mengintegrasikannya ke dalam laporan nasional.

SITB mulai dikembangkan dan diterapkan pada awal dekade 2010-an sebagai bagian dari reformasi sistem informasi kesehatan di Indonesia. Penerapannya semakin diperkuat seiring dengan meningkatnya kebutuhan data yang terintegrasi untuk melawan epidemi TB di Indonesia. Pada tahun 2019, pemerintah memperbarui sistem ini menjadi lebih modern dan *user-friendly* dengan fitur-fitur tambahan yang memungkinkan deteksi dini kasus TB dan pelaporan secara *real-time*. Dalam konteks ini, SITB terus mengalami pembaruan sesuai dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan di lapangan.



Gambar 2.7. Mekanisme Akses SITB Online

Berdasarkan mekanisme akses SITB online, maka SITB ini dapat digunakan oleh berbagai level user mulai dari laboratorium sampai dengan unit TB-pusat dan group admin, manajemen, petugas data, instalasi farmasi serta laboratorium dapat mengakses modul-modul SITB sesuai dengan fungsinya (lihat tabel 2.6).

Tabel 2.6. *Level User* dan Fungsi SITB

Level User	Group
Super Admin	-
Unit TB Pusat	Admin pusat, Manajemen Pusat, Data officer Provinsi, Instalasi Farmasi Pusat
Unit TB Provinsi	Admin provinsi, Manajemen provinsi, Data officer Provinsi, Instalasi Farmasi Provinsi
Unit TB Kab/Kota	Admin provinsi, Manajemen Kab/kota, Data Officer Kab/kota, Instalasi Farmasi Kab/Kota
Fasyankes	Admin Fasyankes, Manajemen Fasyankes, Data Officer Fasyankes, Instalasi Farmasi Fasyankes
Laboratorium	Admin laboratorium, Data Officer Laboratorium

Group	Fungsi	
Admin	Semua akses modul di level masing – masing	Pengelola program TB/ Wasor
Manajemen	Akses semua modul kecuali menambah user	Kepala/ struktural
Data officer	Akses semua modul kecuali menambah user	DO
Instalasi Farmasi	Akses Modul Farmasi (Logistik)	Farmasi
Laboratorium	Akses Modul Laboratorium	Laboratorium

Sumber: Youtube TB Indonesia 2024

SITB bekerja dengan cara mengintegrasikan data yang diperoleh dari fasilitas kesehatan mengenai kasus TB yang terdeteksi. Data ini mencakup diagnosis, pengobatan, kepatuhan pengobatan pasien, serta *outcome* pengobatan. Tenaga kesehatan di setiap fasilitas layanan memasukkan data pasien ke dalam sistem, yang kemudian diteruskan ke database nasional. Dengan demikian, pemerintah pusat dapat memantau situasi TB di seluruh wilayah Indonesia secara terpusat, memantau kasus yang ada, termasuk perkembangan pengobatan pasien, serta menganalisis data epidemiologis untuk perencanaan kebijakan lebih lanjut. Selain itu, SITB juga memungkinkan pemantauan

terhadap program pengendalian TB yang dilakukan di daerah, serta membantu dalam evaluasi keberhasilan program tersebut. Berikut contoh pencatatan formulir P2 TB:

Pencatatan Menggunakan Formulir P2TBC

TBC.05 Studi kasus Pak Kumara

Isilah bagian dari formulir TBC.05 ini berdasarkan studi kasus Pak Kumara.

Keterangan:

1. ✓
2. ✓
3. 28/01/2022

Tarik dan letakkan jawaban pada kolom yang tersedia.

HASIL PEMERIKSAAN BAKTERIOLOGIS TBC

No. Register (ah, sesuai Buku Register Lab. TBC.04)	Tanggal Hasil Dilaporkan	Hasil Pemeriksaan Mikroskopis (BTA/airnya) ^(*)				
Contoh uji (*)		3	2+	1+	1-9 ^(**)	Neg
☐ Sewaktu/Pagi						
☐ Sewaktu/Pagi						

No. Register (ah, sesuai Buku Register Lab. TBC.04)	Tanggal Hasil Dilaporkan	Hasil Pemeriksaan Xpert (TBM) ^(*)						
Contoh uji (*)		Neg	BT Sm	BT Res	BT Tsm	Isolat	Free	Non-ref
☒ Sewaktu/Pagi	3		☒					
(Isolat diawetkan (dalam 96% NaOH) dan disimpan untuk pemeriksaan: Direct, Recult, No Recult, R+Index)								

Jawab

Gambar 2.8. Pencatatan menggunakan formulir P2TB

Gambar tersebut menunjukkan tampilan formulir TBC.05 yang digunakan untuk pencatatan dan pelaporan pasien TB di fasilitas pelayanan kesehatan. Formulir ini berfungsi sebagai alat untuk mencatat data dan informasi penting terkait pasien TB, dalam hal ini menggunakan studi kasus Pak Kumara sebagai contoh. Pada bagian yang ditampilkan, terdapat tabel yang harus diisi dengan data spesifik seperti hasil pemeriksaan sputum, tanggal pemeriksaan, dan kategori kasus TB. Setiap kolom dalam formulir dirancang untuk mencatat data yang diperlukan secara detail agar memudahkan proses pelaporan dan pelacakan kasus TB dari pasien (Kemenkes RI, 2020).

Di gambar ini juga ditunjukkan bahwa pengguna (petugas kesehatan) perlu mengisi dan menempatkan jawaban yang sesuai pada kolom yang tersedia dalam formulir TBC.05, berdasarkan hasil pemeriksaan dan diagnosis pasien TB. Pengisian formulir yang lengkap dan akurat ini penting untuk memastikan data yang dilaporkan ke sistem kesehatan nasional sesuai dengan kondisi nyata pasien di lapangan.

2.8 Imputasi Data

Imputasi data adalah proses mengganti nilai-nilai yang hilang dalam dataset dengan nilai estimasi berdasarkan berbagai metode statistik atau algoritma prediktif. Proses ini penting dalam analisis data karena data yang hilang dapat menyebabkan bias dan mengurangi kekuatan analisis statistik. Menurut García-Laencina et al. (2015), imputasi data membantu dalam mengatasi masalah yang disebabkan oleh missing

data dan memastikan integritas dataset agar hasil analisis dapat lebih akurat (García-Laencina, Sancho-Gómez, et al., 2015).

Sebelum melakukan imputasi, penting untuk menetapkan batasan terhadap jumlah data yang hilang. Umumnya, jika proporsi data yang hilang melebihi 20%, maka sebaiknya observasi tersebut dibuang dari analisis. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan bahwa data yang hilang secara sistematis dapat memengaruhi hasil analisis dan mengurangi keandalan imputasi (Little & Rubin, 2019).

Tingkat *missing data* hingga 20% masih dapat ditoleransi dengan teknik imputasi yang tepat, namun di atas ambang tersebut dapat menghasilkan bias yang signifikan dalam estimasi parameter (Kwak & Kim, 2017). Ketika *missing data* melebihi 20%, bahkan metode imputasi yang canggih sekalipun tidak dapat sepenuhnya mengkompensasi hilangnya informasi, yang dapat mengakibatkan kesimpulan yang bias dan tidak *reliable* (Madley-Dowd et al., 2019). Penggunaan teknik *multiple imputation* pada data dengan *missing value* lebih dari 20% menunjukkan penurunan akurasi yang signifikan dan peningkatan standar error dalam estimasi parameter (Newman, 2014). Hal ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan persentase missing data sebelum melakukan imputasi untuk memastikan validitas hasil analisis statistik.

2.8.1 Manfaat Imputasi Data

1. Mencegah bias: data hilang sering kali tidak terjadi secara acak, sehingga dapat menyebabkan bias dalam hasil penelitian. Imputasi data membantu mencegah bias dengan menggantikan data yang hilang berdasarkan tren data yang ada (Azur et al., 2016).
2. Meningkatkan akurasi model: pengisian nilai-nilai hilang, metode imputasi data dapat meningkatkan akurasi dan performa model analisis, terutama dalam ML, di mana ketiadaan data dapat menyebabkan model prediktif kurang efisien (Rubin, 2018).
3. Memanfaatkan semua data yang tersedia: imputasi data memungkinkan penggunaan dataset yang lebih besar tanpa harus membuang observasi yang memiliki data hilang, sehingga meningkatkan kekuatan statistik (van Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2018).

2.8.2 Metode Imputasi Data

Ada beberapa metode yang umum digunakan untuk melakukan imputasi data, antara lain:

1. Mean, Median, dan Mode Imputation

Salah satu metode paling sederhana adalah mengganti nilai yang hilang dengan rata-rata (mean), median, atau modus dari variabel tersebut. Metode ini mudah diterapkan namun memiliki kelemahan, seperti tidak mempertimbangkan variabilitas data dan bisa mengurangi variasi dalam dataset (Azur et al., 2016).

2. *K-Nearest Neighbors (KNN) Imputation*

Metode ini menggunakan pendekatan berdasarkan jarak untuk mencari k tetangga terdekat dari observasi yang hilang dan menggunakan rata-rata dari tetangga tersebut untuk menggantikan nilai yang hilang. KNN Imputation cocok untuk data non-linear namun lebih kompleks dan membutuhkan lebih banyak sumber daya komputasi (Troyanskaya et al., 2014).

3. *Multiple Imputation by Chained Equations (MICE)*

Metode ini melakukan imputasi dengan menggunakan beberapa model regresi secara berulang-ulang untuk setiap variabel yang hilang. MICE dianggap sebagai salah satu metode yang sangat efektif karena mempertimbangkan variabilitas antar variabel dan menghasilkan beberapa dataset yang berbeda untuk memastikan hasil analisis yang lebih akurat (van Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2018)

4. *Random Forest Imputation*

Metode ini menggunakan algoritma Random Forest untuk mengisi data yang hilang dengan memprediksi nilai berdasarkan keputusan dari sejumlah pohon keputusan (*decision trees*) yang terbentuk dari data. Random Forest Imputation cenderung lebih baik dalam memprediksi nilai untuk data yang kompleks dan memiliki hubungan non-linear (Stekhoven & Bühlmann, 2015).

2.8.3 Kekurangan dan Tantangan Imputasi Data

Meskipun imputasi data memiliki banyak manfaat, ada beberapa tantangan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah bias imputasi, nilai yang diimputasi mungkin tidak sepenuhnya mencerminkan nilai yang sebenarnya, terutama jika data yang hilang berjumlah besar atau terjadi secara sistematis (Sterne et al., 2009). Selain itu, metode

imputasi yang lebih kompleks seperti MICE atau *Random Forest* memerlukan waktu komputasi yang lebih lama dan membutuhkan sumber daya yang lebih besar (van Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2018).

2.9 Machine Learning

Machine Learning (ML) merupakan cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data tanpa perlu secara eksplisit diprogram. Sistem ML mampu untuk mengidentifikasi pola-pola kompleks dalam data dan membuat prediksi atau keputusan berdasarkan pola-pola tersebut. Pengembangan model algoritma ML menggunakan *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP DM), yang terdiri dari 6 tahap dimulai dari pemahaman bisnis, kebutuhan akan ML untuk memecahkan masalah, diikuti tahap selanjutnya pemahaman data, persiapan data, pemodelan, evaluasi dan penerapan (EMC Education Services, 2015; Muhammad et al., 2023)

2.9.1 Fungsi dan Teknik ML

Algoritma merupakan barisan langkah perhitungan dasar yang mengubah masukan (dari berbagai jenis fungsi matematika) menjadi luaran. Algoritma ML berdasarkan masukan dan luaran dapat dibagi sebagai berikut (EMC Education Services, 2015; Muhammad et al., 2023):

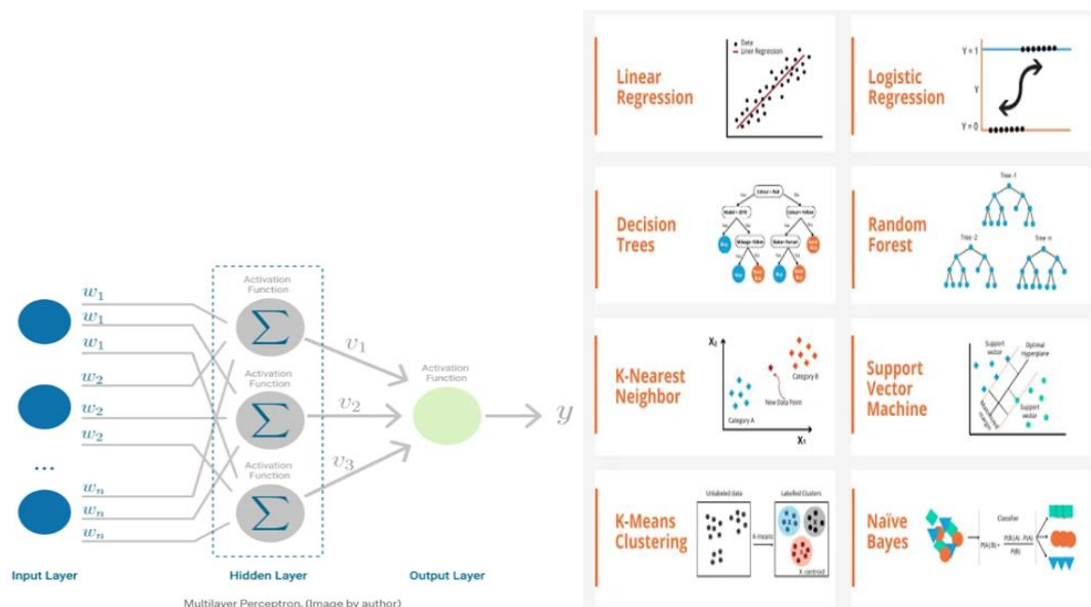
1. *Supervised learning*: pembelajaran mesin model dilatih menggunakan data yang memiliki label kelas atau hasil yang diinginkan. Tujuan pembelajaran supervised adalah untuk mempelajari pola atau hubungan antara fitur (atau atribut) yang ada dalam data dan label kelas yang terkait, sehingga model dapat membuat prediksi yang akurat tentang label kelas untuk data yang belum pernah dilihat sebelumnya, digunakan untuk tugas-tugas seperti klasifikasi dan regresi. Contohnya antara lain *regresi linier*, *K-Nearest Neighbors (KNN)*, *Support Vector Machines (SVM)*, *decision trees*, *random forest* dan *neural networks*.
2. *Unsupervised learning*: pembelajaran mesin di mana model diberikan data yang tidak memiliki label kelas atau hasil yang diinginkan. Tujuan utama dari unsupervised learning adalah untuk menemukan pola atau struktur yang tersembunyi dalam data tanpa adanya bimbingan eksternal. Contohnya: *K-Means*

Clustering, Hierarchical Clustering, Principal Component Analysis (PCA), Singular Value Decomposition (SVD), Independent Component Analysis (ICA).

3. *Semi-supervised learning*: merupakan gabungan dari *supervised* dan *unsupervised learning* untuk membuat prediksi atau generalisasi tentang data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Penggunaan data yang diberi label meningkatkan kinerja model, terutama dalam kasus di mana data yang diberi label terbatas atau mahal untuk diperoleh.
4. *Reinforcement learning*: algoritma ini digunakan untuk tugas-tugas yang melibatkan pembelajaran melalui interaksi dengan lingkungan. Contohnya: *Q-Learning, Deep Q Networks (DQN), Policy Gradient Methods, Actor-Critic Methods.*

2.9.2 Algoritma *supervised learning*

Pembelajaran mesin tipe supervised dapat dibagi menjadi dua kategori besar yaitu tipe klasifikasi dan regresi. Beberapa algoritma di bawah ini termasuk dalam kategori klasifikasi:



Gambar 2.9. Jenis algoritma ML

2.9.3 *Hyperparameter tuning*

Hyperparameter tuning merupakan proses sangat penting dalam mengembangkan model pembelajaran mesin bertujuan untuk optimalisasi kinerja

prediktif model. *Hyperparameter* merupakan parameter tidak dipelajari selama pelatihan, tetapi harus ditentukan sebelum proses pelatihan, seperti jumlah pohon (*n_estimators*), kedalaman pohon (*max_depth*), dan jumlah fitur yang dipertimbangkan pada setiap pemisahan (*max_features*). Proses pengembangan model tanpa tuning yang tepat mengakibatkan model mungkin mengalami *underfitting* atau *overfitting*, hal ini akan berpengaruh terhadap sehingga akurasi prediksi model. Sejalan dengan konteks prediksi keberhasilan pengobatan TB, *hyperparameter tuning* membantu meningkatkan kemampuan model dalam mengidentifikasi pasien yang berisiko gagal dalam pengobatan, sehingga intervensi dapat dilakukan lebih dini dan memberikan dampak kontribusi penting dalam upaya eliminasi TB di Indonesia (Pedregosa et al., 2011).

Berikut merupakan beberapa teknik umum digunakan untuk hyperparameter tuning meliputi *Grid Search*, *Random Search*, dan *Bayesian Optimization*. Teknik *Grid Search* melakukan pencarian exhaustif pada kombinasi *hyperparameter* yang telah ditentukan, namun membutuhkan komputasi intensif. Teknik *Random Search* memilih kombinasi *hyperparameter* secara acak dalam rentang tertentu, yang lebih efisien untuk dataset besar. Sementara itu, teknik *Bayesian Optimization* menggunakan pendekatan probabilistik untuk menemukan kombinasi optimal dengan lebih cepat (Bergstra et al., 2012; Pedregosa et al., 2011; Snoek et al., 2012).

Tabel 2.7. Karakteristik, keunggulan, dan kekurangan algoritma ML
(Chollet, 2017; EMC Education Services, 2015; Muhammad et al., 2023; Yates et al., 2023)

	Regresi logistik	Decision tree	MLP	Random forest	XG Boost
Definisi	Algoritma yang digunakan untuk mengklasifikasikan data biner bertujuan menghasilkan output berupa dua kemungkinan, yaitu benar atau salah (0 atau 1). Model ini dirancang untuk memprediksi apakah suatu kondisi atau variabel tertentu masuk dalam salah satu dari dua kategori tersebut.	Struktur pohon keputusan terdiri dari node-node yang menggambarkan pilihan-pilihan keputusan, serta cabang-cabang yang menunjukkan konsekuensi dari keputusan tersebut. Decision Tree berbentuk seperti pohon, dengan node akar (root node), node keputusan (decision node), dan node daun (leaf node). Node daun adalah node akhir yang tidak bisa dibagi lagi dan berfungsi untuk menentukan hasil prediksi dari pohon keputusan.	Multilayer Perceptron (MLP) dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan pada Perceptron dalam melakukan klasifikasi biner, terutama karena Perceptron biasa tidak dapat berfungsi sebagai gerbang XOR. MLP adalah jenis jaringan saraf yang memungkinkan pemetaan non-linear antara input dan output. Jaringan ini memiliki lapisan input, lapisan output, serta satu atau lebih lapisan tersembunyi yang terdiri dari banyak neuron yang tersusun berlapis-lapis. Berbeda dengan Perceptron, neuron dalam MLP dilengkapi dengan fungsi aktivasi yang menerapkan ambang batas.	Random Forest adalah algoritma ML yang menggabungkan output dari beberapa decision tree untuk mendapatkan hasil akhir. Setiap pohon dalam Random Forest memberikan prediksi kelas, dan kelas yang memperoleh suara terbanyak dipilih sebagai prediksi akhir model. Dengan menambahkan lebih banyak pohon, algoritma ini dapat meningkatkan akurasi dan membantu mencegah masalah overfitting.	Algoritma ini termasuk dalam kategori pembelajaran ensemble dan sering digunakan dalam supervised learning, seperti untuk tugas regresi dan klasifikasi. Algoritma ini membangun model prediktif dengan menggabungkan prediksi dari beberapa model individu, seperti decision tree, melalui proses berulang.

	Regresi logistik	Decision tree	MLP	Random forest	XG Boost
Keunggulan	1. Kemudahan penggunaan. Proses pelatihan dan penerapan model ini sederhana serta memerlukan sedikit pemeliharaan. 2. Mudah diinterpretasikan. Model ini memiliki interpretabilitas yang baik. 3. Skalabilitas. Algoritma ini dapat dilatih dengan cepat dan efisien, serta memerlukan daya komputasi yang rendah.	1. Model ini sederhana dan mudah dipahami (seperti cara manusia membuat keputusan). 2. Dapat diterapkan untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan keputusan. 3. Tidak memerlukan banyak proses pembersihan atau augmentasi data.	1. Mampu mempelajari pola-pola kompleks dan non-linear dari data. 2. Dapat merepresentasikan fungsi yang sangat rumit, sehingga sesuai untuk berbagai tugas ML. 3. Dapat beradaptasi dengan beragam jenis data dan diterapkan pada berbagai masalah, seperti klasifikasi, regresi, dan pengenalan pola. 4. Dapat dikembangkan menjadi arsitektur lebih kompleks untuk menangani masalah yang lebih sulit. 5. Dapat digunakan dalam skenario pembelajaran end-to-end, di mana model langsung menerima data mentah dan menghasilkan prediksi atau tindakan yang diinginkan.	1. Tahan terhadap data outlier (pencilan). 2. Berfungsi dengan baik pada data non-linear. 3. Memiliki risiko overfitting yang lebih rendah. 4. Beroperasi secara efisien pada dataset besar. 5. Menawarkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma klasifikasi lainnya.	1. Memiliki kecepatan tinggi, memungkinkan pengoptimalan kinerja yang cepat melalui komputasi paralel. 2. Dilengkapi dengan regularisasi yang kuat untuk mencegah overfitting. 3. Fleksibel dalam mendukung berbagai fungsi tujuan dan kriteria evaluasi. 4. Menyediakan validasi silang bawaan untuk evaluasi model. 5. Sesuai untuk berbagai jenis data dan tugas, termasuk klasifikasi dan regresi.
Kekurangan	Rentan mengalami underfitting pada dataset dengan kelas yang tidak seimbang, yang dapat mengakibatkan akurasi menjadi rendah.	1. Pohon keputusan dapat memiliki banyak lapisan, yang membuat model menjadi lebih rumit. 2. Model ini dapat mengalami	1. Rentan terhadap overfitting, terutama jika digunakan pada dataset kecil atau ketika modelnya terlalu kompleks. 2. Memerlukan jumlah data yang besar	1. Random Forest cenderung mengalami bias ketika menghadapi variabel kategorikal.	1. Model ini dapat sensitif terhadap noise dan outlier dalam data, yang bisa memengaruhi kinerjanya jika tidak ditangani dengan baik.

	Regresi logistik	Decision tree	MLP	Random forest	XG Boost
		masalah overfitting. 3. Dalam kasus klasifikasi dengan banyak label, kompleksitas perhitungan model akan meningkat.	untuk berfungsi dengan baik. 3. Membutuhkan sumber daya yang tinggi. 4. Kurang efektif dalam menangani data yang tidak terstruktur dengan baik. 5. Sulit untuk diinterpretasikan dan dipahami.	2. Waktu komputasi untuk dataset yang besar tergolong lambat. 3. Tidak cocok digunakan untuk metode linier yang memiliki banyak fitur yang jarang (sparse).	2. Diperlukan penyesuaian yang teliti terhadap hyperparameter untuk mencapai kinerja yang optimal. 3. Ada batasan dalam menangani data yang sangat besar; dalam kasus seperti itu, kinerja dan kecepatan XGBoost mungkin tidak memadai. 4. Tidak cocok untuk digunakan pada data yang sangat jarang atau tidak seimbang

2.9.4 Pemanfaatan pembelajaran mesin di bidang Kesehatan

Penggunaan pembelajaran mesin atau *machine learning* (ML) pada bidang kesehatan dan kedokteran memberikan manfaat signifikan dalam mendiagnosis, pengobatan, dan penatalaksanaan terapi (Balakrishnan et al., 2023; Chollet, 2017; Zhang et al., 2024). Berikut merupakan beberapa manfaat utama penggunaan ML antara lain:

1. Membantu dokter membuat diagnosis lebih akurat dengan menganalisis data medis, seperti gambar radiologi, hasil tes laboratorium, dan riwayat medis pasien. Algoritma ML dapat mempelajari pola-pola kompleks dalam data dan memberikan rekomendasi diagnosis yang lebih tepat.
2. Memprediksi risiko terkena penyakit tertentu berdasarkan faktor-faktor risiko individu, seperti riwayat medis, gaya hidup, dan genetika. Hal ini memungkinkan perawatan preventif yang lebih efektif dan intervensi dini untuk mencegah perkembangan penyakit.
3. Membantu dalam personalisasi pengobatan berdasarkan karakteristik unik setiap individu, termasuk pemilihan obat paling efektif dan dosis sesuai, serta *monitoring respons* pasien terhadap pengobatan.
4. Mengidentifikasi pola kesehatan masyarakat dan dapat digunakan untuk data kesehatan masyarakat, seperti data epidemiologi dan pola penyakit, untuk mengidentifikasi pola-pola kesehatan yang signifikan dan tren epidemiologi. Hal ini dapat bermanfaat dalam pengambilan keputusan kebijakan pemerintah.
5. Mendeteksi anomali dalam data medis, seperti gejala yang tidak biasa atau hasil tes yang mencurigakan. Hal ini membantu dalam deteksi dini penyakit langka atau keadaan darurat medis yang memerlukan perhatian segera.
6. Pengembangan obat baru, ML dapat digunakan dalam penelitian obat untuk memprediksi efek samping obat, mengidentifikasi kandidat obat baru, dan merancang terapi yang lebih efektif.
7. Memantau pasien memberikan tanda peringatan dini tentang perubahan kondisi yang memerlukan perhatian medis, sehingga manajemen perawatan pasien yang lebih efisien dan efektif.
8. Meningkatkan efisiensi sistem kesehatan dan mengurangi beban kerja tenaga kesehatan.

2.9.5 Pemanfaatan pembelajaran mesin untuk kasus tuberkulosis

Penggunaan ML dalam prediksi keberhasilan pengobatan TB telah menjadi topik penelitian yang penting dalam upaya meningkatkan efektivitas pengobatan TB. Beberapa manfaat penggunaan ML dalam penanganan kasus infeksi TB antara lain:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang berkontribusi terhadap keberhasilan atau kegagalan pengobatan TB, analisis besar-besaran data pasien, termasuk riwayat medis, demografi, hasil tes laboratorium, dan respons terhadap pengobatan.
2. Memprediksi kemungkinan kegagalan pengobatan TB. Ini memungkinkan dokter untuk mengidentifikasi pasien-pasien yang berisiko tinggi dan memberikan perawatan tambahan atau intervensi yang diperlukan untuk meningkatkan peluang kesembuhan.
3. Membantu dalam menentukan durasi pengobatan yang optimal untuk setiap pasien TB melalui analisis pola-pola dalam data pasien, ML dapat memberikan rekomendasi lama pengobatan berdasarkan respons individu pasien.
4. Membantu personalisasi regimen pengobatan TB individual sehingga dapat meningkatkan efektivitas pengobatan dan mengurangi risiko kegagalan.
5. Memantau respons pasien terhadap pengobatan TB secara *real-time*. ML dapat menganalisis data klinis dan laboratorium terus-menerus, sehingga dapat memberikan peringatan dini tentang perubahan yang memerlukan perhatian medis lebih lanjut atau penyesuaian regimen pengobatan.

Berikut beberapa penelitian yang menggunakan ML pada kasus tuberkulosis paru: (Balakrishnan et al., 2023; Hussain & Junejo, 2019; Kheirandish et al., 2022; Liao et al., 2023; Lv et al., 2023; Sauer et al., 2018; You et al., 2022).

Tabel 2.8. Pemanfaatan ML untuk prediksi beberapa luaran pada tuberkulosis

Referensi	Negara	Algoritma	Objek prediksi	Material Primer	Besar Sampel	Efisiensi prediksi	Kesimpulan
Balakrishnan V, 2023	Malaysia	SVM, Linear Regression, Lasso Regression, Ridge Regression, RF, and Gradient Boosting Regression	Durasi pengobatan	Karakteristik sosiodemografi dan parameter klinik	435	MAE: 69.73-322.21 RMSE: 67.93-431.61 R2: 0.3-1.95	SVM memiliki kinerja terbaik dalam memprediksi durasi pengobatan.
Liao KM, 2023	Tiongkok	XGBoost, RF, MLP, LightGBM, LR and SVM	Hepatitis akut, gagal nafas akut, dan semua penyebab kematian selama pengobatan	Karakteristik sosiodemografi dan Parameter klinik	2248	Accuracy: 0.717-0.868(acute hepatitis); 0.727-0.819(acute respiratory failure); 0.656-0.735(mortality) Sensitivity: 72.1%–79.4%(acute hepatitis); 71.9%–81.2%(acute respiratory failure); 66.7%–77.8% (morality) Specificity: 0.714-0.925(acute hepatitis); 72.8%–82.0%(acute respiratory failure); 65.6%–73.6%(mortality) AUC: 0.766-0.920(acute hepatitis); 0.797-0.884(acute respiratory failure); 0.737-0.834(mortality)	MLP paling baik dalam memprediksi kematian, RF paling baik dalam memprediksi gagal napas akut dan XGBoost yang terbaik dalam memprediksi akut hepatitis.

Referensi	Negara	Algoritma	Objek prediksi	Material Primer	Besar Sampel	Efisiensi prediksi	Kesimpulan
Kheirandish M, 2022	Republik Moldova	RF, SVM dan PMLR	Sembuh, tidak sembuh dan meninggal setelah 24 bulan sesudah menjalani pengobatan initial	Catatan klinis	17958	Sensitivity: 0.91-0.95 (cured); 0.74- 0.84 (not cured); 0.64-0.71 (died) Positive predictive value: 0.92-0.98 (cured); 0.70-0.88 (not cured); 0.69- 0.73 (died)	RF lebih unggul dari SVM dan PMLR dalam memprediksi hasil pengobatan.
Asad M, 2020	Amerika	ANN, SVM, k-NN, Rf dan J48	Kegagalan pengobatan	Karakteristik sosiodemografi dan Parameter klinik	1533	Accuracy: 0.65-0.71 Precision: 0.63-0.69 Recall: 0.65-0.74 F-measure: 0.57-0.69	Akurasi rata-rata dari prediksi ANN adalah yang tertinggi sebesar 78%
Hussain OA, 2019	Pakistan	ANN, SVM dan RF	Pengobatan lengkap dan gagal Menyelesaikan pengobatan	catatan klinis	4213	Accuracy: 70.98%– 76.32% Precision: 45.11%– 73.05% Sensitivity: 23.64%– 68.50% Specificity: 74.58%– 95.71%	Model RF menunjukkan kinerja paling baik dalam hal akurasi prediksi (akurasi: 76,32%)
Sauer CM, 2018	Amerika	Stepwise forward selection, stepwise backward elimination, backward elimination dan forward selection, LASSO dan SVM dengan linear	Kegagalan pengobatan	karakteristik sosiodemografi dan Parameter klinik	587	AUC: 0.69-0.74 Sensitivity: 0%– 36% Specificity: 89%– 100% PPV: 0.45-0.64 NPV: 0.75-0.81	stepwise forward selection berkinerja terbaik (AUC: 0,74)

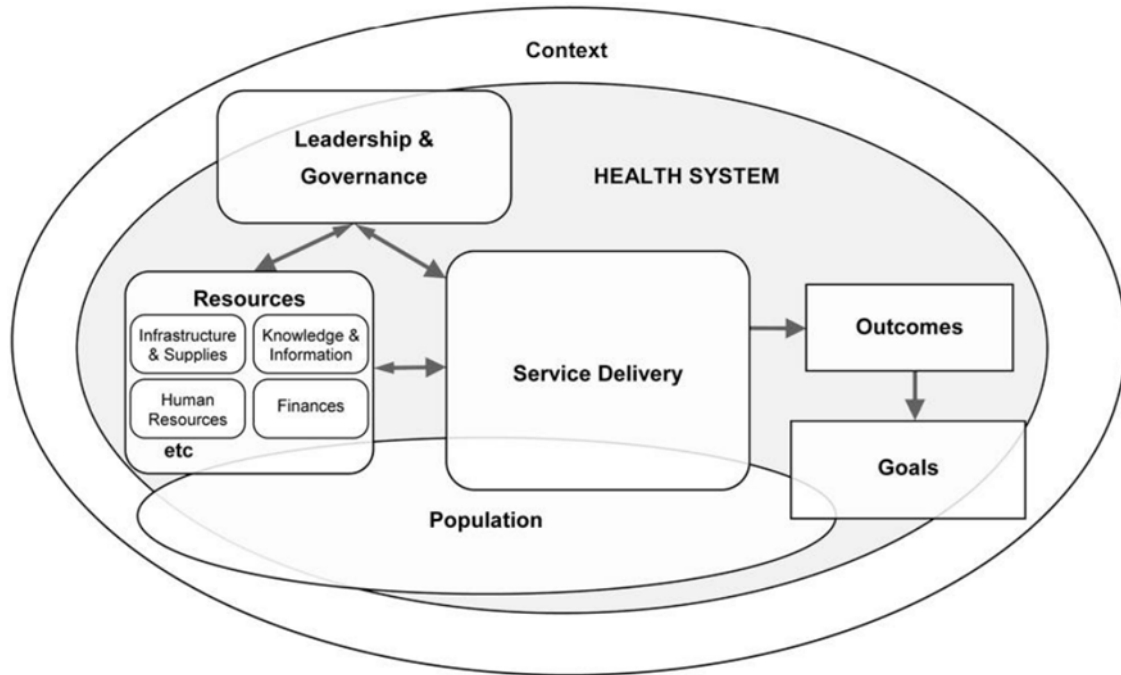
Referensi	Negara	Algoritma	Objek prediksi	Material Primer	Besar Sampel	Efisiensi prediksi	Kesimpulan
		kernel dan polynomial kernel					
Lv X, 2023	Tiongkok	Radiomics model, clinical model, dan model kombinasi	Efek terapeutik	karakteristik klinis dan tanda primer CT	315	Accuracy: 66.1%– 83.6% Precision: 47.5%– 84% Recall: 58.8%– 89.2% F1 score: 0.543-0.846	Model radiomik dan model gabungan berkinerja baik dalam memprediksi efikasi dariMDR-TB pada bulan keenam.
You S, 2022	Republik Moldova	LR, NN, and RF	Resistensi obat	Karakteristik sosiodemografi dan Parameter klinik	540	OC-AUC-ROC: 0.57-0.87	Model jaringan saraf menggunakan 12 fitur berkinerja paling baik dalam memprediksi DR

2.10 Kerangka Teori

Penelitian ini menggunakan kerangka teori yaitu *The Health System Dynamic Framework* dengan melihat transformasi kesehatan Indonesia terkait program TB nasional. SITB merupakan proses penginputan pencatatan dan pelaporan secara *online*. Hal ini merupakan bentuk nyata dari transformasi kesehatan yaitu terkait teknologi kesehatan. Dalam proses mendukung program TB nasional dilakukan proses sesuai dengan modul kasus TB, modul manajemen kontak pasien, modul manajemen laboratorium dan modul manajemen pengobatan. Melalui teori *The Health System Framework* yang dikembangkan oleh Van Olmen et al. (2012) merupakan model konseptual untuk memahami dan menganalisis sistem kesehatan dalam konteks yang lebih komprehensif dalam hal ini terkait program TB nasional. Kerangka ini menekankan pentingnya interaksi antara berbagai komponen sistem kesehatan yang saling terkait dalam upaya meningkatkan kesehatan populasi secara berkelanjutan.

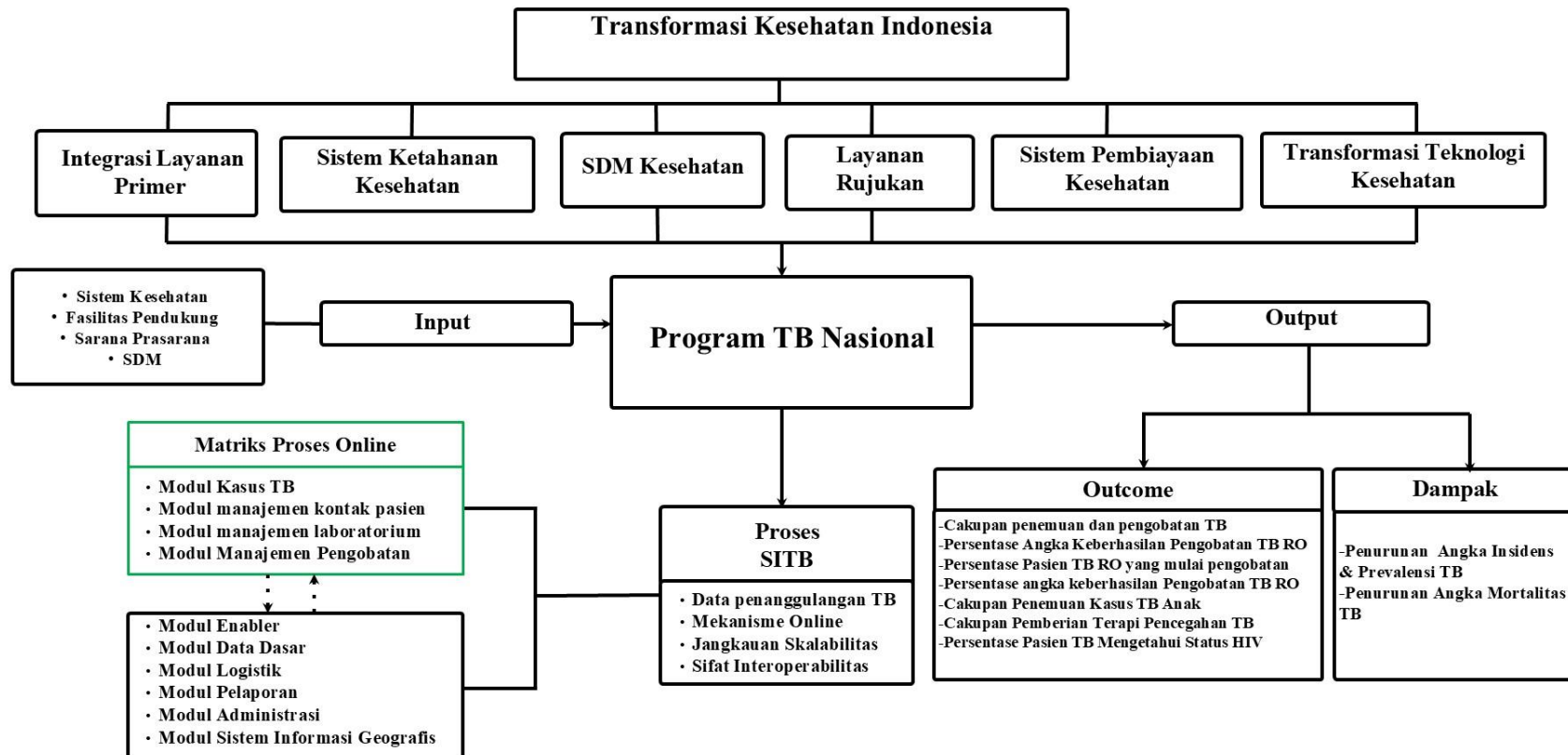
Dalam kerangka ini, sistem kesehatan dipandang sebagai suatu entitas yang terdiri dari beberapa elemen inti yang saling berhubungan, yaitu aktor, sumber daya, dan layanan. Aktor mencakup seluruh individu, organisasi, serta institusi yang terlibat dalam pengelolaan dan pelayanan kesehatan, termasuk penyedia layanan kesehatan, pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta. Sumber daya meliputi tenaga kerja, infrastruktur, teknologi, dan pembiayaan yang dibutuhkan untuk mendukung penyediaan layanan kesehatan. Layanan, sebagai komponen utama, merupakan output dari interaksi antara aktor dan sumber daya, yang dalam konteks ini diartikan sebagai upaya promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif yang disediakan kepada masyarakat.

The Health System Framework menekankan pentingnya tujuan utama sistem kesehatan, yaitu meningkatkan status kesehatan populasi, melindungi masyarakat dari risiko finansial akibat penyakit, serta memastikan akses yang adil terhadap pelayanan kesehatan yang berkualitas. Kerangka ini menyoroti berbagai elemen sistem kesehatan harus bekerja secara sinergis untuk mencapai hasil yang optimal dalam pencapaian tujuan tersebut. Dalam konteks sosial, politik, dan ekonomi sangat memengaruhi bagaimana sistem kesehatan berfungsi. Hal ini berarti bahwa transformasi dalam sistem kesehatan harus mempertimbangkan berbagai faktor agar intervensi yang dilakukan dapat efektif dan berkelanjutan.



Gambar 2.10. Kerangka Teori *The Health System Dynamics Framework*
(Van Olmen et al., 2012)

Penerapan kerangka teori *The Health System Dynamic Framework* apabila diselaraskan dengan transformasi kesehatan Indonesia terutama terkait program TB nasional, terdapat interaksi antar pilar-pilar transformasi untuk mendukung keberhasilan program TB. Integrasi layanan primer, peningkatan sumber daya manusia, layanan rujukan, sistem pembiayaan kesehatan dan pemanfaatan teknologi kesehatan dapat dimanfaatkan dalam membangun sistem kesehatan untuk mencapai tujuan output program TB di Indonesia dengan dampak penurunan angka insidens dan prevalensi TB serta penurunan angka mortalitas TB di Indonesia. Keberhasilan untuk mencapai output ini merupakan satu rangkaian yang berkesinambungan dimulai dari input, proses dan output yang dihasilkan. Sistem kesehatan yang ditetapkan oleh pemerintah, kemampuan SDM, fasilitas pendukung seperti infrastruktur, sarana dan prasarana kesehatan menjadi bagian input. Proses pelaksanaan program TB dapat dilihat dari SITB yang terdiri dari 10 modul serta dapat memberikan gambaran informasi data penanggulangan TB, mekanisme online, jangkauan skalabilitas dan sifat interoperabilitas. Output program nasional TB terbagi menjadi 6 item luaran dan 2 dampak sesuai yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia yang dituangkan dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia No 64 tahun 2021 tentang penanggulan TB (Gambar 2.11).



Catatan: Kotak warna hijau yang akan diteliti

Gambar 2.11.Kerangka Teori Penelitian

BAB 3

KERANGKA KONSEP, HIPOTESIS DAN DEFINISI OPERASIONAL

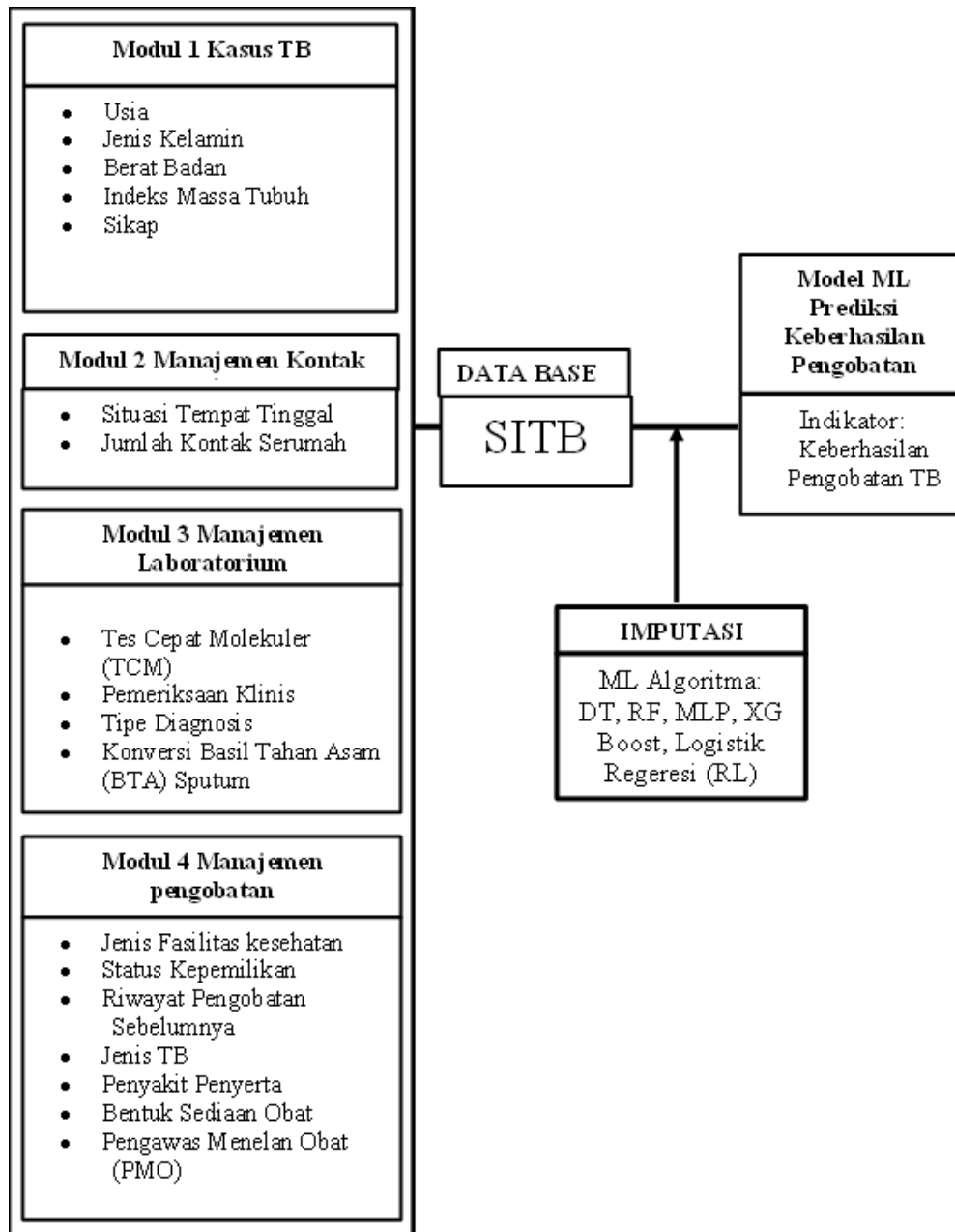
3.1 Kerangka Konsep

Kerangka konsep pada penelitian ini mengambil kotak hijau yakni matriks proses SITB data *online*. Di dalam kotak (*box*) yang diambil berdasarkan teori adalah hal-hal yang dianggap sebagai fasilitator dan penghambat pengobatan dari faktor layanan kesehatan dan sosial ekonomi. Untuk mencapai tujuan dari program TB nasional dengan melihat *The Health System Dynamic Framework*. Kerangka konsep penelitian ini menggambarkan sistem pada Program TB nasional yang berhubungan dengan tujuan yaitu keberhasilan pengobatan dengan sumber daya yakni sosial ekonomi, sistem kesehatan, kondisi penyakit, terapi pasien. Hasil pengobatan merupakan proses dari pelayanan pengobatan yang tercatat dalam data SITB yang akan menjadi database model prediksi keberhasilan TB berdasarkan ML. Seluruh data akan dilihat *outcome* pada peningkatan angka keberhasilan pengobatan yang $\geq 90\%$. Kerangka konsep dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.2 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan pemaparan pada bagian sebelumnya maka penelitian ini memiliki hipotesis, yaitu:

1. Model algoritma pembelajaran mesin berbasis SITB mempunyai tingkat kinerja tinggi dalam memprediksi keberhasilan pengobatan tuberkulosis.
2. Representasi model algoritma pembelajaran mesin mampu memberikan interpretasi lebih baik terhadap faktor-faktor penentu prediksi keberhasilan pengobatan TB.



Gambar 3.1. Kerangka Konsep

3.3 Definisi Operasional

Tabel 3.1. Tabel Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi	Hasil pengukuran	Skala
Variabel Independen (X)				
1	Usia	Umur subyek sesuai dengan tanggal lahir yaitu pada usia produktif yang merupakan usia kerja yang bisa menghasilkan barang dan jasa, dengan rentang usia 15-64 tahun	1. 15-24 tahun 2. 25-34 tahun 3. 35-44 tahun 4. 45-54 tahun 5. 55-64 tahun	Ordinal
2	Jenis kelamin	Sifat perempuan dan laki-laki seperti norma, peran, hubungan antara kelompok pria dan perempuan, yang dikonstruksi secara sosial	1. Laki-laki 2. Perempuan	Nominal
3	Berat badan	Suatu ukuran yang diperlukan untuk sebuah pengukuran pertumbuhan fisik dan diperlukan untuk seseorang menerima dosis obat yang diperlukan, dinyatakan dalam kilogram	Laki-laki: BB berisiko ≤ 42 kg, tidak berisiko > 42 kg Perempuan: BB berisiko ≤ 35 kg, tidak berisiko > 35 kg	Ordinal
4	Indeks massa tubuh	Kriteria BMI Asia-Pasifik, dihitung $BB (kg)/TB(m)^2$	1. BB kurang < 18.5 2. Normal: 18.5-22.9 3. BB lebih: 23-24.9 4. Obese ≥ 25	Ordinal

No	Variabel	Definisi	Hasil pengukuran	Skala
5	Sikap	Sesuatu yang dipelajari dan menentukan bagaimana individu bereaksi terhadap situasi serta menentukan apa yang dicari oleh individu dalam hidupnya.	1. Datang sendiri 2. Dirujuk 3. Skrining penyakit lainnya	Ordinal
6	Situasi tempat tinggal pasien	Perbandingan antara jumlah penduduk dengan luas wilayah yang dihuni (jiwa/ km ²) berdasarkan data kepadatan kabupaten/kota	1. Tidak padat : 1-50 2. Kurang padat: 51-250 3. Cukup padat :251-400 4. Sangat padat : >400	Ordinal
7	Jumlah kontak serumah	Rata-rata jumlah anggota keluarga /rumah di Indonesia	1. ≤ 4 orang 2. > 4 orang	Ordinal
8	Pemeriksaan TCM	Metode deteksi <i>molekuler</i> berbasis nested real-time PCR.	1. Negatif 2. Positif 3. Tidak ada data	Ordinal
9	Pemeriksaan klinis	Sebuah proses dari seorang ahli medis memeriksa tubuh pasien untuk menemukan tanda klinis penyakit	1. Tanpa pemeriksaan tambahan 2. Dengan pemeriksaan tambahan	Ordinal
10	Tipe diagnosis	Keputusan klinik yang merupakan suatu pernyataan yang menjelaskan status kesehatan pasien	1. Secara klinis 2. Bakteriologis	Ordinal

No	Variabel	Definisi	Hasil pengukuran	Skala
11	Perubahan konversi sputum	Hasil pemeriksaan BTA pasien setelah mendapatkan obat selama 2 bulan pertama, konversi BTA dari BTA (+) menjadi (-).	1. Tidak 2. Ya	Ordinal
12	Jenis fasyankes	Fasilitas pelayanan kesehatan yang digunakan untuk menyelenggarakan upaya pelayanan kesehatan perorangan, baik promotif, preventif, kuratif, maupun rehabilitatif yang dilakukan oleh Pemerintah, Pemerintah Daerah, dan masyarakat	Layanan primer: 1. Puskesmas 2. Klinik 3. Dokter praktek mandiri 4. Balai pengobatan Layanan sekunder: 5. Rumah sakit	Ordinal
13	Status kepemilikan fasilitas kesehatan	Status kepemilikan fasilitas kesehatan milik pemerintah atau perorangan/yayasan/ swasta	1. Pemerintah 2. Swasta	Nominal
14	Riwayat pengobatan sebelumnya	Kasus baru adalah pasien yang belum pernah mendapat OAT sebelumnya atau riwayat mendapatkan OAT kurang dari 1 bulan (< dari 28 dosis bila memakai obat program). Kasus dengan riwayat pengobatan adalah pasien yang pernah mendapatkan OAT 1 bulan atau lebih (>28 dosis bila memakai obat program)	1. Kasus baru 2. Bukan kasus baru	Ordinal
15	Jenis tuberkulosis	Pengklasifikasian berdasarkan lokasi anatomi terkena infeksi tuberkulosis, di parenkim paru atau di organ lainnya	1. Paru 2. Extra paru	Ordinal
16	Penyakit komorbid	Seseorang mengidap dua atau lebih masalah kesehatan secara bersamaan. Catatan: penyakit komorbid yang dimaksud adalah diabetes mellitus dan HIV/AIDS	1. Tidak ada 2. Ada 3. Tidak diketahui	Ordinal

No	Variabel	Definisi	Hasil pengukuran	Skala
17	Bentuk OAT	Bentuk OAT yang diberikan kepada pasien	1. KDT (kombinasi dosis tetap) 2. Kombipak	Nominal
18	Pengawas menelan obat (PMO)	Seseorang yang dekat dengan pasien TB yang dengan sukarela mau terlibat dalam pengobatan pasien TB hingga dinyatakan sembuh oleh tenaga kesehatan.	1. Tidak diketahui 2. Ada	Ordinal
Variabel dependen (Y)				
19	Keberhasilan pengobatan	Jumlah kasus dengan hasil pengobatan sembuh dan lengkap Hasil pengobatan terdiri dari: Sembuh, pengobatan lengkap, gagal, putus berobat, tidak dievaluasi, meninggal	1. Tidak Berhasil (gagal. Putus obat, tidak dievaluasi, meninggal) 2. Berhasil (sembuh, pengobatan lengkap)	Ordinal

Tabel 3.2. Pengukuran kinerja model algoritma ML

No	Nama variabel	Definisi Konsep	Definisi Oprasional	Cara Ukur	Hasil Pengukuran	Skala Ukur
1	<i>Accuracy</i>	Rasio prediksi benar (positif dan negatif) dengan keseluruhan data. Tingkat kedekatan pengukuran kuantitas terhadap nilai sebenarnya	Rasio prediksi benar (positif dan negatif) dengan keseluruhan data	$Akurasi = (TP+TN) / (TP+TN+FP+FN)$	Baik jika nilai <i>accuracy</i> $\geq 70\%$	Dalam persen (%)
2	<i>Sensitivity (recall)</i>	Kemungkinan prediksi keberhasilan dengan benar atau probabilitas keberhasilan setiap kasus	Rasio prediksi keberhasilan pengobatan dibandingkan dengan keseluruhan data yang berhasil dalam pengobatan	$Sens = (TP) / (TP+FN)$	Baik jika nilai <i>sensitivity</i> $\geq 70\%$	Dalam persen (%)
3	<i>Specificity</i>	Ukuran yang mengukur sebuah tes skrining mengklasifikasikan orang yang tidak berhasil sebagai orang yang tidak berhasil	Kebenaran memprediksi negatif dibandingkan dengan keseluruhan data negatif	$Spes = (TN) / (TN+FP)$	Baik jika nilai <i>specificity</i> $\geq 70\%$	Dalam persen (%)

No	Nama variabel	Definisi Konsep	Definisi Oprasional	Cara Ukur	Hasil Pengukuran	Skala Ukur
4	F1 Score	Perbandingan rata-rata presisi dan recall yang dibobotkan	Perbandingan rata-rata presisi dan <i>recall</i> yang dibobotkan	$F1 \text{ Score} = \frac{2 * (\text{precision} * \text{recall})}{(\text{precision} + \text{recall})}$	Baik jika nilai F1 Score $\geq 70\%$	Dalam persen (%)
5	AUC	Keseluruhan pengukuran atas kesesuaian dari model yang digunakan	Area di bawah kurva		1. 0,90-1,00= Excellence classification 2. 0,80-0,90= Good 3. 0,70-0,80= Fair 4. 0,60-0,70= Poor 5. 0,50-0,60= Failure	

No	Nama variabel	Definisi Konsep	Definisi Oprasional	Cara Ukur	Hasil Pengukuran	Skala Ukur
6	ROC	Suatu kurva yang menggambarkan probabilitas dengan variabel sensitivitas dan spesifisitas dengan nilai batas antara 0 s/d 1	Alat ukur performance untuk <i>classification problem</i> dalam menentukan <i>threshold</i> dari suatu model	Kurva ROC dibuat berdasarkan nilai yang telah didapatkan pada perhitungan dengan confusion matrix, yaitu antara False Positive Rate dengan True Positive Rate. Dimana: $\text{False Positive Rate (FPR)} = \frac{\text{False Positive}}{\text{False Positive} + \text{True Negative}}$ $\text{True Positive Rate (TPR)} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}}$	1. 0,90-1,00= Excellence 6. 2. 0,80-0,90= Good 3. 0,70-0,80=Fair 4. 0,60-0,70=Poor 5. 0,50-0,60= Failure	

BAB 4

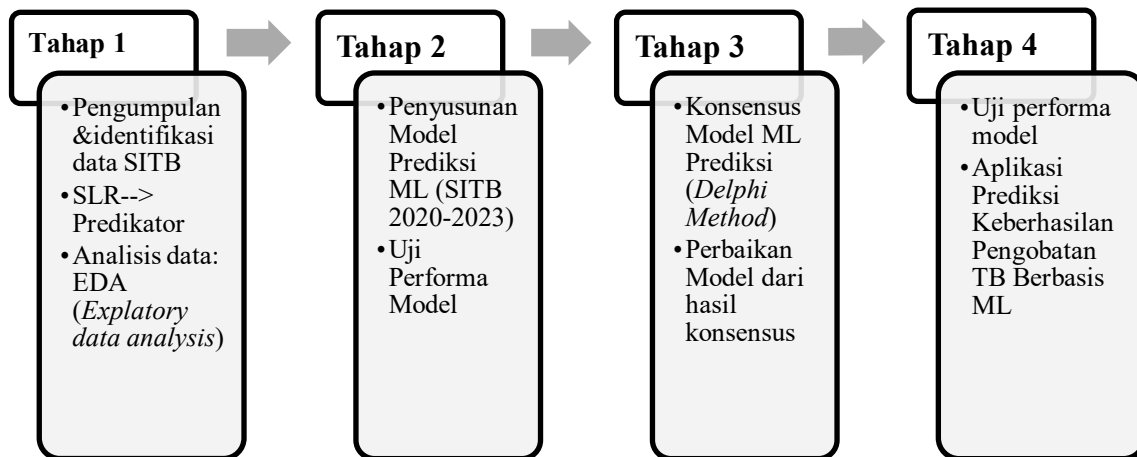
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam empat bagian, didahului dengan tahap untuk analisis data SITB dan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mencari faktor-faktor yang berhubungan dengan kepatuhan minum obat, berkaitan dengan keberhasilan pengobatan.

Tahap selanjutnya adalah dengan mengolah data SITB tahun 2023 pada kepatuhan pengobatan untuk dilakukan uji coba berbagai prediksi pembelajaran mesin (ML) dimulai dengan pengumpulan data, persiapan data, pemilihan model algoritma ML, melatih model algoritma, evaluasi, validasi dan membuat berbagai model prediksi keberhasilan pengobatan.

Setelah mendapatkan uji coba model prediksi akan dilanjutkan pengambilan keputusan terkait model terbaik yang akan digunakan dengan menggunakan *delphi method* bersama pakar untuk menentukan variabel-variabel yang akan digunakan dalam penyusunan model. Tahap terakhir ialah tahap aplikasi sederhana untuk prediksi keberhasilan dengan data SITB 2024.



Gambar 4.1. Tahapan Alur Penelitian

4.2 Tahap 1

Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB) merupakan data terkait kasus TB di seluruh Indonesia. Data utama dalam penelitian ini ialah data SITB mulai tahun 2020-2023.

Pengumpulan dan identifikasi data SITB dilakukan untuk memahami setiap variabel yang tersedia dalam dataset SITB. Mengklasifikasikan variabel berdasarkan jenisnya (numerik, kategorik, teks, dll) yang dibutuhkan dalam penelitian. Melihat kelebihan dan kekurangan dari data SITB saat ini. Melakukan validasi pada setiap langkah untuk memastikan bahwa dataset sudah siap untuk diolah.

Selanjutnya setelah memastikan dataset SITB, dilakukan *Systematic literature review* (SLR) untuk menemukan prediktor yang berhubungan dengan keberhasilan pengobatan. Langkah-langkahnya dengan menetapkan pertanyaan dan tujuan penelitian, mencari publikasi dari *google scholar* yang terbit antara tahun 2019-2024, melakukan seleksi literatur berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, melakukan penilaian kualitas studi, melakukan ekstraksi data, mensintesis studi terpilih, dan perlakuan penyajian serta pelaporan data. Selanjutnya dilakukan analisis data SITB untuk mengidentifikasi variabel signifikan dalam menentukan keberhasilan terapi.

Tabel 4.1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Tahap 1 SLR

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Penelitian yang berkaitan dengan keberhasilan pengobatan TB pada pasien usia produktif.	Penelitian yang terkait keberhasilan pengobatan TB pada pasien resisten obat maupun yang mengutamakan pembahasan pada komorbiditas non-TB, seperti HIV, diabetes, dan lainnya, tanpa fokus utama pada TB.
Penelitian yang berfokus pada studi primer berbasis klinis, kohort, studi observasional maupun uji klinis anak yang melibatkan pasien TB di usia produktif.	Penelitian yang menggunakan studi Studi meta-analisis, <i>literature review</i> , atau kajian literatur sekunder lainnya yang tidak memberikan data primer.
Artikel yang dipublikasikan dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia yang dapat diakses penuh.	Artikel yang dipublikasikan selain bahasa Inggris atau bahasa Indonesia yang tidak dapat diakses secara penuh.
Studi yang dilakukan di negara-negara dengan beban TB tinggi, termasuk Indonesia, atau yang memiliki karakteristik serupa.	Studi yang dilakukan di negara-negara dengan beban TB yang rendah atau laporan kasus yang terbatas pada satu pasien.

4.3 Tahap 2

4.3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan menggunakan desain kohort retrospektif. Studi analitik untuk menganalisis hubungan dengan menggunakan logika terbalikkan yaitu menentukan keberhasilan pengobatan (*outcome*) lebih dahulu kemudian dilakukan identifikasi faktor yang berhubungan dengan keberhasilan dari dimensi sosial-ekonomi, sistem kesehatan, terapi, pasien dan kondisi. Karakteristik sosio-demografi dan gambaran klinis diperoleh dari data SITB, merupakan data kohort.

4.3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Indonesia dan akan dilakukan setelah memperoleh hasil lulus kaji etik pada bulan Desember- Maret 2025.

4.3.3 Populasi dan Sampel

Populasi

Populasi target penelitian ini adalah pasien TB terdiagnosis dan menjalani pengobatan di seluruh fasilitas kesehatan wilayah Indonesia. Populasi terjangkau penelitian ini adalah populasi target yang datanya sesuai dengan protokol penelitian, terdata di SITB tahun 2020- 2023.

Sampel

Sampel penelitian ini adalah populasi terjangkau yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi memiliki data lengkap sesuai protokol.

Kriteria inklusi sampel:

- Pasien tuberkulosis berusia 15-64 tahun
- Terdiagnosis tuberkulosis paru atau tuberkulosis ekstra paru
- Menjalani pengobatan pertama kali atau mempunyai riwayat menjalani pengobatan sebelumnya.
- Pasien terdata di Sistem Informasi Tuberkulosis tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023

Kriteria eksklusi sampel:

- Penderita TB resistensi obat

4.3.4 Besar Sampel

Perhitungan besar sampel penelitian kohort menggunakan rumus:

$$p_2 = p_1 \times RR$$

$$p = \frac{p_1 + r \cdot p_2}{1 + r}$$

$$n_i = \frac{(Z_{1-\alpha/2} \sqrt{(r+1)p(1-p)} + Z_{1-\beta} \sqrt{p_1(1-p_1) + r p_2(1-p_2)})^2}{r(p_2 - p_1)^2}$$

$$n_{\text{exposure}} = \frac{n_i}{4} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2/(r+1)}{n_i(p_2 - p_1)^2}} \right)^2$$

Parameter:

- Alpha (α) = 0.05
- Beta (β) = 0.2
- Proportion of disease in non-exposure (p_1) = 0.1
- Relative Risk / Risk Ratio (RR) = 2
- Ratio (Non-exposure / Exposure) = 0.05

Diperoleh jumlah sampel minimal 2034 sampel. Pada penelitian ini outcomenya adalah keberhasilan pengobatan, bila memperhitungkan sampel dengan metode regresi diperlukan minimal 10x dari jumlah variabel independen. Penelitian ini akan menggunakan 18 variabel independent sehingga sampel yang diperlukan minimal 180 sampel.

Penelitian ini akan mengembangkan ML untuk membuat model prediksi menggunakan data pasien TB sensitif obat yang terdata di SITB tahun 2020-2023, diketahui secara umum untuk membangun model algoritma ML tidak ditetapkan jumlah sampel tertentu, semakin banyak data yang digunakan semakin baik dalam membangun model algoritma ML. Berdasarkan prinsip tersebut maka pada penelitian ini menggunakan sampel dengan kriteria hasil pengobatan harus terisi, variabel independen dengan data lengkap, bila jumlah data dianggap kurang memenuhi persyaratan membangun model ML akan dilakukan imputasi dengan ketentuan maksimal 20 % data

missing. Imputasi data dilakukan bergantung pada jenis data, imputasi menggunakan nilai median untuk data numerik dan mode untuk data kategori.

4.3.5 Teknik Pengumpulan Data

Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari SITB Kementerian Kesehatan RI dari Januari 2020-Desember 2023. Data yang didapatkan akan digunakan untuk mengembangkan model algoritma ML. Data SITB akan digunakan sebagai data set untuk ML dengan kriteria penderita TB paru laki-laki dan perempuan usia 15-64 tahun, terdapat hasil pengobatan untuk menilai keberhasilan pengobatan. Data set yang didapat akan dilakukan pembersihan dan penghapusan data yang tidak lengkap. Data set ini akan dibagi menjadi data set pelatihan dan data uji coba.

Data set pelatihan model ML

Data set yang digunakan untuk pelatihan model sebesar 80 %, dan dilakukan tahapan penyeimbangan data set, pelatihan model sampai terbentuk model algoritma yang siap untuk uji coba. Data set akan dilakukan diolah dengan menggunakan 5 model algoritma, yang terdiri dari:

1. *Random Forest* (RF)
2. *Multilayer perceptron* (MLP)
3. *Decision tree*
4. *XG Boost*
5. *Logistic regression*

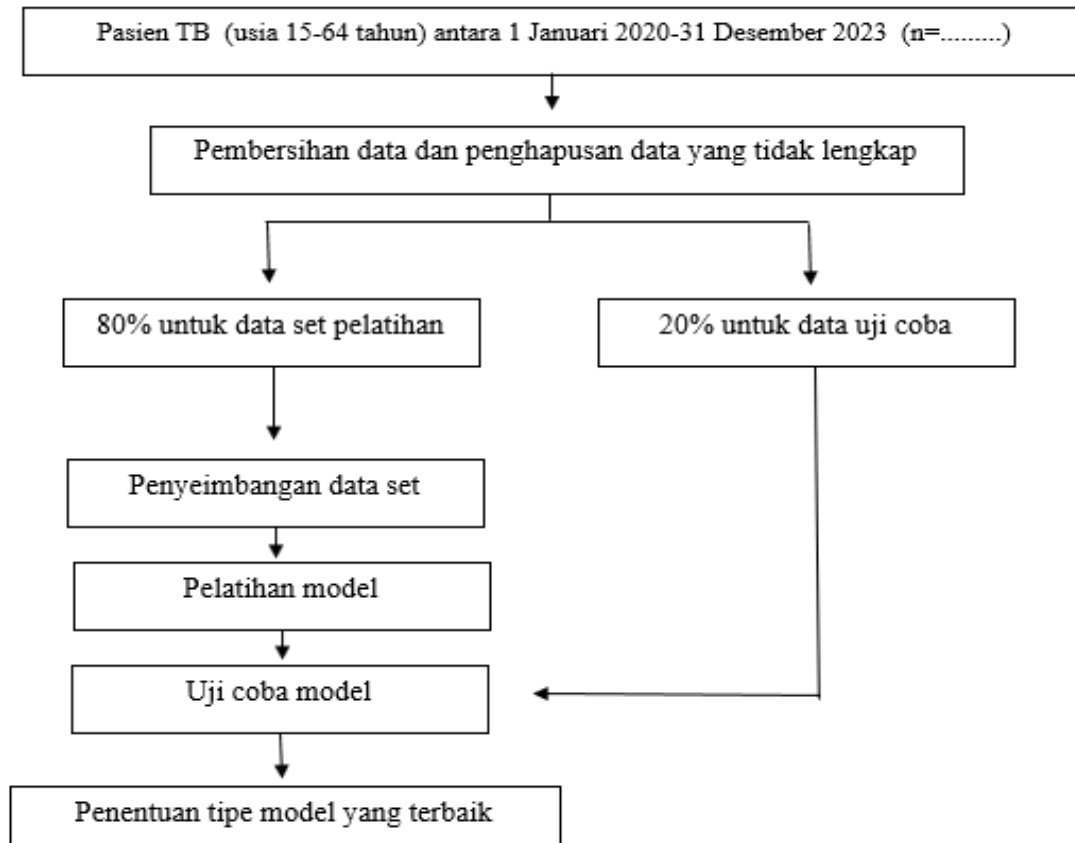
Dataset uji coba

Data set sebesar 20 % akan digunakan untuk uji coba model dan dari proses ini akan diperoleh tipe model yang terbaik dalam memprediksi keberhasilan pengobatan dengan menggunakan indikator *accuracy*, *precision*, *sensitivity*, *specificity*, *F1* dan *Area Under Curve (AUC)*.

Cara Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data dimulai dengan mendapatkan persetujuan kaji etik dari FKMUI, setelah mendapat surat keterangan lulus kaji etik dilanjutkan dengan surat

ijin penelitian dari FKM UI. Data SITB diperoleh setelah melakukan persyaratan administrasi, berupa surat keterangan dari FKM UI untuk diserahkan ke Kemenkes untuk memperoleh izin untuk akses data SITB selama 4 tahun mulai dari tahun 2020-2023.



Gambar 4.2. Alur tahapan uji coba model

4.4 Tahap 3

Berdasarkan uji coba berbagai model pembelajaran mesin dilakukan penentuan model terbaik yang dapat memprediksi keberhasilan terapi tuberkulosis melalui pengambilan keputusan melalui teknik *Delphi Method* oleh sekelompok ahli (panel ahli). Dalam membuat keputusan dilatarbelakangi oleh berbagai organisasi dengan memiliki latar belakang yang berbeda namun keputusan yang diambil untuk mempertimbangkan berbagai peran krusial dari variabel-variabel dalam penelitian.

Keputusan dalam algoritma yang digunakan dalam memperoleh model prediksi keberhasilan TB akan memengaruhi hasil informasi. Untuk memenuhi model prediksi dengan melakukan keputusan. Melalui menggunakan teori perilaku kepatuhan pengobatan pasien TB dan teori lima dimensi kepatuhan pengobatan WHO dengan

modifikasi untuk menyesuaikan dengan data primer melalui SLR dan data sekunder dari SITB. Setelah data dikumpulkan, analisis data dilakukan sebagai berikut:

1. Tahap Pembentukan Panel Ahli

Pemilihan panel ahli yang sesuai dengan bidang yang relevan dengan memperhitungkan kepakaran namun tetap mencakup sudut pandang yang luas. Kelompok ahli akan terdiri dari dokter spesialis paru, dokter spesialis farmakologi, perwakilan tim SITB, petugas puskesmas yang melakukan penginputan data SITB, dokter praktik mandiri, epidemiolog dan data analis/ahli pembelajar mesin.

2. Pengembangan Kuesioner Tahap Awal

Kuesioner awal akan berisi terkait variabel yang digunakan dalam proses prediksi keberhasilan pengobatan TB untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat memprediksi keberhasilan terapi TB terutama pada usia produktif (Chiclana et al., 2015).

3. Putaran Pertama Survei

Kuesioner disebarakan kepada para ahli secara anonim. Para ahli diminta untuk memberikan tanggapan mereka terkait model algoritma yang dianggap paling relevan berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Jawaban dikumpulkan tanpa ada interaksi antar ahli untuk menghindari pengaruh satu sama lain.

4. Analisis Hasil Putaran Pertama

Setelah semua tanggapan dikumpulkan, fasilitator menganalisis data dan menyusun ringkasan dari hasil putaran pertama. Hasil ini meliputi algoritma yang paling sering disebutkan, penjelasan mengapa algoritma tertentu dipilih, serta pandangan mengenai kelebihan dan kekurangan setiap model. Peneliti akan mencari pola umum atau konsensus awal, serta mengidentifikasi perbedaan pendapat di antara ahli.

5. Putaran Kedua Survei dan Analisis Hasil Putaran Kedua

Kuesioner kedua dibuat berdasarkan hasil dari putaran pertama. Para ahli diberikan ringkasan dari tanggapan putaran pertama dan diminta untuk merevisi atau mempertahankan pendapat mereka terkait algoritma yang mereka pilih sebelumnya. Kuesioner mencakup pertanyaan baru yang mungkin akan muncul dari diskusi

putaran pertama. Jawaban dari putaran kedua dianalisis, dengan fokus pada konsensus yang mulai terbentuk atau perbedaan pendapat yang berkurang.

6. Kesimpulan dan Konsensus

Setelah tercapai hasil konsensus dari variabel-variabel yang dapat memprediksi keberhasilan terapi TB terutama pada usia produktif melalui analisis kesenjangan atau *gap analysis* untuk mengidentifikasi perbedaan antara kelengkapan data saat ini dengan hasil yang diinginkan, serta untuk menentukan langkah-langkah yang diperlukan untuk menutup kesenjangan tersebut (Skivington et al., 2021). Keputusan akhir terkait model terbaik yang akan digunakan akan didokumentasikan dengan jelas mencakup landasan pemilihan model dan cara evaluasi model.

7. Tahap Implementasi dan Validasi

Setelah konsensus tercapai, model ML dalam memprediksi keberhasilan terapi TB terutama pada usia produktif akan diimplementasikan pada data SITB 2024 dan memvalidasi model melalui pengujian model pada tahap selanjutnya.

4.4.2 Perbaikan Model ML

4.4.2.1 Pengumpulan dan persiapan data

Pengumpulan data penelitian untuk membuat model prediksi ML menggunakan data sekunder SITB tahun 2024 untuk memperoleh variabel-variabel yang akan diteliti. Data variabel yang diperoleh dibuat tabulasi, dilanjutkan dengan proses data cleaning untuk menilai kualitas data kelengkapan, konsistensi, keseragaman dan duplikasi data. Pemilihan dan pelatihan model ML.

Pemilihan model algoritma dilakukan untuk memperoleh model prediksi akurasi tertinggi. Pemilihan model algoritma dipilih berdasarkan tinjauan pustaka yang membahas tentang penggunaan ML untuk pengelolaan kasus TB dengan nilai akurasi $\geq 70\%$. Penelitian ini akan menggunakan 5 algoritma untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB. Pengolahan data menggunakan ML, dan akan diuji cobakan menggunakan 5 algoritma ML untuk mendapatkan algoritma dengan akurasi terbaik untuk memprediksi keberhasilan pengobatan. Dataset yang diperoleh dibagi menjadi 5 bagian (masing-masing 20 %), 80 % digunakan untuk latihan, 20 % akan digunakan untuk uji coba, dilakukan secara acak oleh sistem random. Seluruh data yang terbagi akan dilakukan *K-fold cross validation*, melalui cara ini akan diperoleh rata-rata performa dari

setiap algoritma yang diuji. Karakteristik variabel akan ditampilkan dalam bentuk tabular, teks menggunakan pengukuran yang sesuai, disajikan dalam proporsi, mean, SD maupun median tergantung dari tipe data.

4.4.2.2 Evaluasi model algoritma ML

Uji coba model algoritma dilakukan dengan menggunakan data uji coba yang dimiliki. Sebanyak 5 model algoritma yang diuji akan dipilih model algoritma dengan tingkat akurasi paling tinggi berdasarkan hasil *Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve* (AUROC) untuk dijadikan sebagai model untuk prediksi keberhasilan pengobatan TB.

Tabel 4.2. Performa Algoritma ML

Model	Performa ML				
	<i>Accuracy (%)</i>	<i>Sensitivity (%)</i>	<i>Specificity (%)</i>	F1 score	AUC
DT					
RF					
MLP					
XGB					
Log regr					

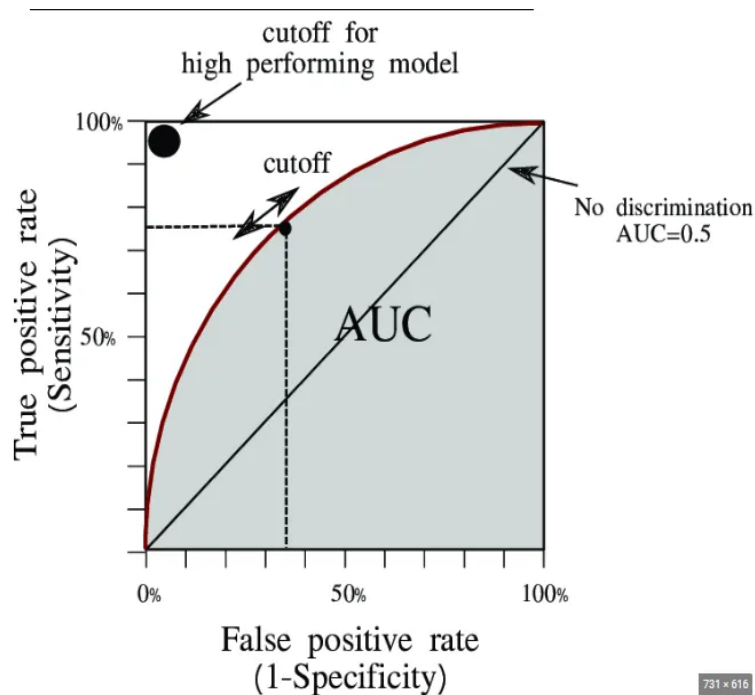
Keterangan:

DT: *Decision tree*. RF: *Random forest*, MLP: *Multilayer perceptron*, XGB: *Extreme Gradient Boosting*,

Log regr: *logistic regression*

TP (*True Positive*), TN (*True Negative*), FP (*False Positive*), FN (*False Negative*)

- $Accuracy = (TP + TN) / (TP + FP + TN + FN)$
- $Sensitivity = TP / (TP + FN)$
- $Specificity = TN / (TN + FP)$
- $F1\ Score = (2 \times (Precision \times Sensitivity)) / (Precision + Sensitivity)$



Gambar 4.3. Keterangan AUC

4.4.3 Uji Efektivitas Model Prediksi Keberhasilan Terapi

Model algoritma terbaik dengan akurasi tertinggi yang diperoleh akan dilakukan uji coba dengan data lain di luar dataset. Model prediksi yang diperoleh akan dilakukan uji coba dengan menggunakan data set SITB bulan Januari hingga Juni 2024.

4.5 Tahap 4

Pembuatan aplikasi ML prediksi keberhasilan pengobatan berbasis data SITB. Hasil luaran yang akan dihasilkan merupakan representatif dari model ML terpilih, dengan kinerja terbaik berdasarkan variabel input. Aplikasi ini akan digunakan untuk prediksi probabilitas keberhasilan pengobatan TB.

Penentuan kategori berdasarkan hasil konsensus tahap 3 melalui *Delphi Method* (Data et al., 2016). Kerangka kerja *Explainable AI (XAI) SHapley Additive Explanation (SHAP)* digunakan untuk mengetahui variabel independen yang penting dalam model serta mengetahui kontribusi fitur tersebut dalam memprediksi luaran (Sahoo et al., 2019). Metode SHAP akan digunakan untuk membuat dan menganalisis berbagai plot untuk menginterpretasikan model (Nohara et al., 2022; Rodríguez-Pérez & Bajorath, 2020).

Apabila dari hasil SHAP maupun pertimbangan klinis terdapat beberapa fitur dipertimbangkan untuk dihilangkan berdasarkan *importance* fitur maka akan dilakukan uji Friedman dan uji Nemenyi untuk mengetahui kemaknaan pengurangan fitur terhadap model secara statistik antar kelompok dengan melihat nilai p ($p < 0.05$). Aplikasi prediksi keberhasilan pengobatan TB akan dibuat berdasarkan model ML dengan kinerja terbaik, serta berdasarkan pertimbangan statistik, XAI, dan klinis.

4.6 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan *Exploratory Data Analysis* (EDA) merupakan proses uji investigasi awal agar hasil analisis data lebih valid dan relevan. EDA bertujuan untuk identifikasi pola, menemukan anomali, menguji hipotesis dan memeriksa hasil. Kesalahan data awal seperti outlier dapat dihindari dengan EDA, selain itu EDA dapat mengetahui hubungan hubungan antar data serta mampu mengenali faktor-faktor yang penting dalam data (Data et al., 2016; Sahoo et al., 2019).

4.6.1 Analisis univariat

Data kategorik akan disajikan dalam bentuk proporsi, sedangkan untuk data numerik disajikan dalam nilai mean dan SD untuk data yang berdistribusi normal. Apabila data numerik tidak terdistribusi secara normal disajikan dalam median, disertai dengan nilai minimal dan maksimal.

4.6.2 Analisis bivariat

Analisis data bivariat akan dilakukan dengan menggunakan uji statistik *chi-square* atau *fisher*.

4.6.3 Analisis multivariat

Analisis multivariat akan dilakukan dengan menggabungkan beberapa kolom data dengan tujuan untuk mendapatkan hubungan antara satu kolom dengan kolom lainnya.

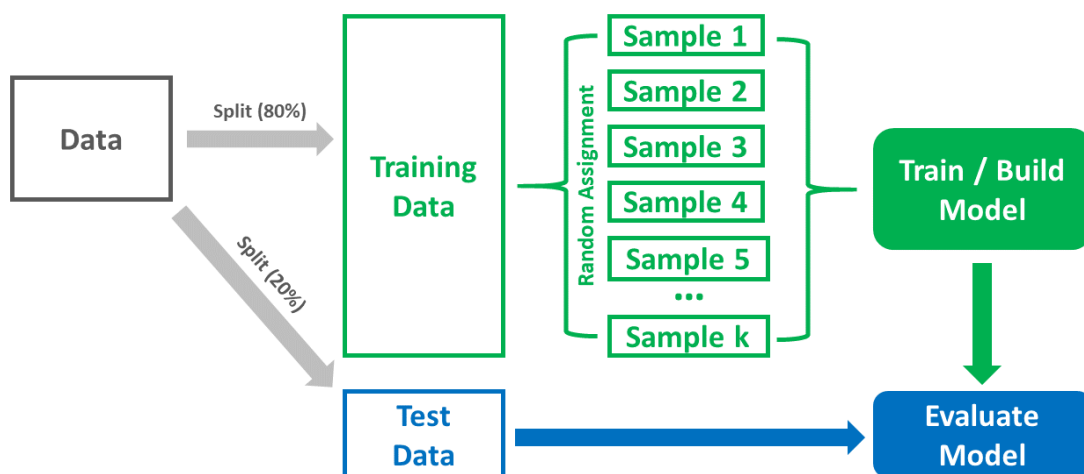
4.6.4 Analisis Model Pembelajaran Mesin

Evaluasi kinerja berbagai indikator dan model algoritma ML dalam prediksi keberhasilan pengobatan TB dilakukan dengan membuat kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Persentase nilai akurasi, sensitivitas, spesivitas, nilai presisi, skor F1, AUC dan 95 % interval kepercayaan untuk evaluasi performa model prediksi. AUC

merupakan ukuran kinerja model yang mampu membedakan antara kelas positif dan negatif (Rainio et al., 2024; Sun & Xu, 2014; Zhu et al., 2024).

4.6.5 Mengatasi Bias Data

Pengurangan bias pada data sekunder digunakan untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil analisis. Bias yang berpotensi muncul berasal dari kesalahan pengukuran, ketidakakuratan dalam data yang dilaporkan, atau perbedaan dalam cara data dikumpulkan. Selain itu, untuk mengatasi potensi kemungkinan bias input maupun proses data SITB dilakukan metode imputasi untuk menangani missing values, mempertimbangkan distribusi data yang ada guna mengurangi kemungkinan distorsi yang dapat memengaruhi hasil analisis. Metode imputasi menggunakan pengisian nilai dengan *mean*, median dan mode. Setiap proses imputasi diuji untuk memastikan bahwa tidak ada bias tambahan yang diperkenalkan, dengan membandingkan hasil analisis model antara data dengan imputasi dan tanpa imputasi, sehingga dapat dipastikan konsistensi dan keandalan temuan.



Gambar 4.4. *K-Fold Cross Validation*

Untuk memastikan validitas internal dan reliabilitas model yang dihasilkan, digunakan metode *K-Fold Cross Validation* dalam proses pengembangan model. Teknik ini membagi dataset menjadi beberapa subset atau *folds* (antara 5 atau 10 folds), di mana setiap fold digunakan secara bergantian sebagai data uji dan sisanya sebagai data latih.

Proses ini dilakukan berulang kali hingga semua fold digunakan sebagai data uji minimal satu kali. Teknik ini sangat efektif untuk mengurangi variabilitas yang disebabkan oleh pembagian data acak dan memberikan estimasi yang lebih akurat mengenai performa model pada data yang belum terlihat sebelumnya.

K-Fold Cross Validation membantu dalam mengatasi bias data yang mungkin muncul karena penggunaan satu set data uji dan memastikan bahwa model yang dibangun memiliki performa yang stabil dan generalizable. Hasil validasi ini dibandingkan antara model dengan imputasi dan tanpa imputasi untuk mengukur konsistensi dan keakuratan hasil yang diperoleh.

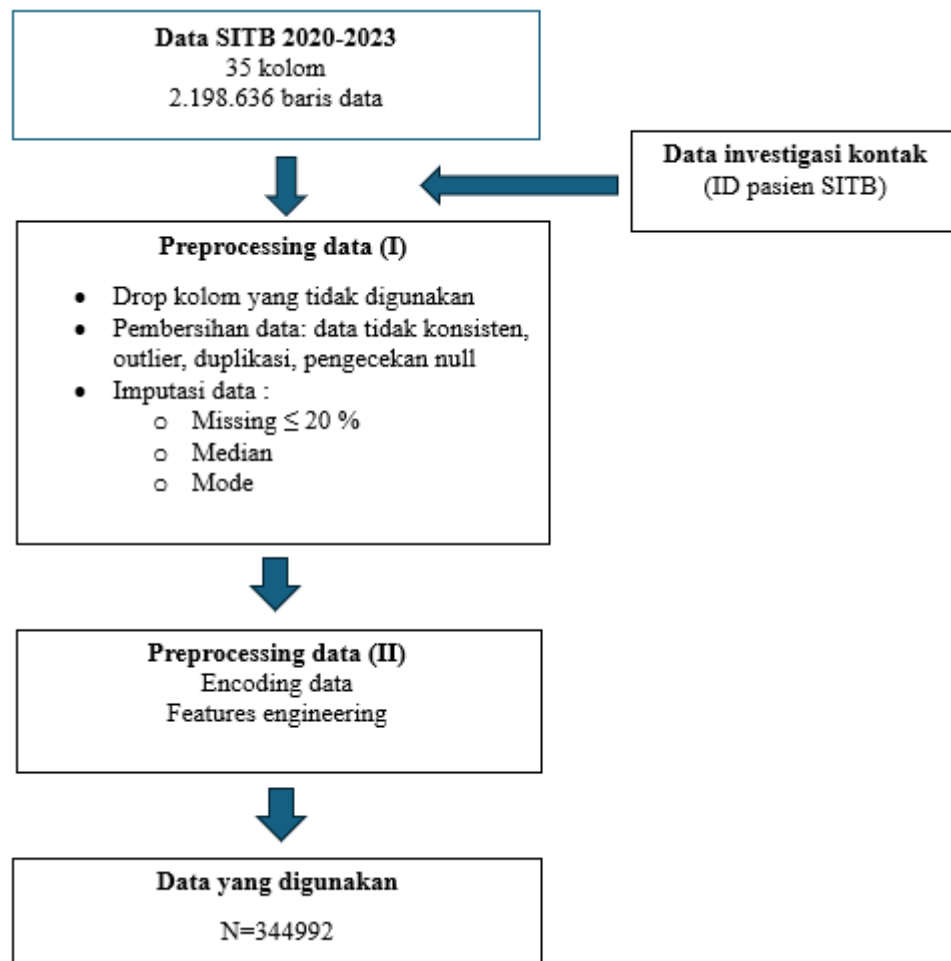
BAB 5

HASIL PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan hasil penelitian sesuai dengan metodologi penelitian dan tahap penelitian yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, terutama dimulai dari pengumpulan data SITB, dilanjutkan dengan proses analisis data SITB, literatur review. Setelah itu dilanjutkan tahap kedua penyusunan model prediksi ML, tahap ketiga meliputi diskusi panel ahli untuk mendapatkan input dan perbaikan dari model prediksi ML yang terbaik. Tahap terakhir adalah pembuatan aplikasi sederhana untuk prediksi keberhasilan pengobatan tuberkulosis.

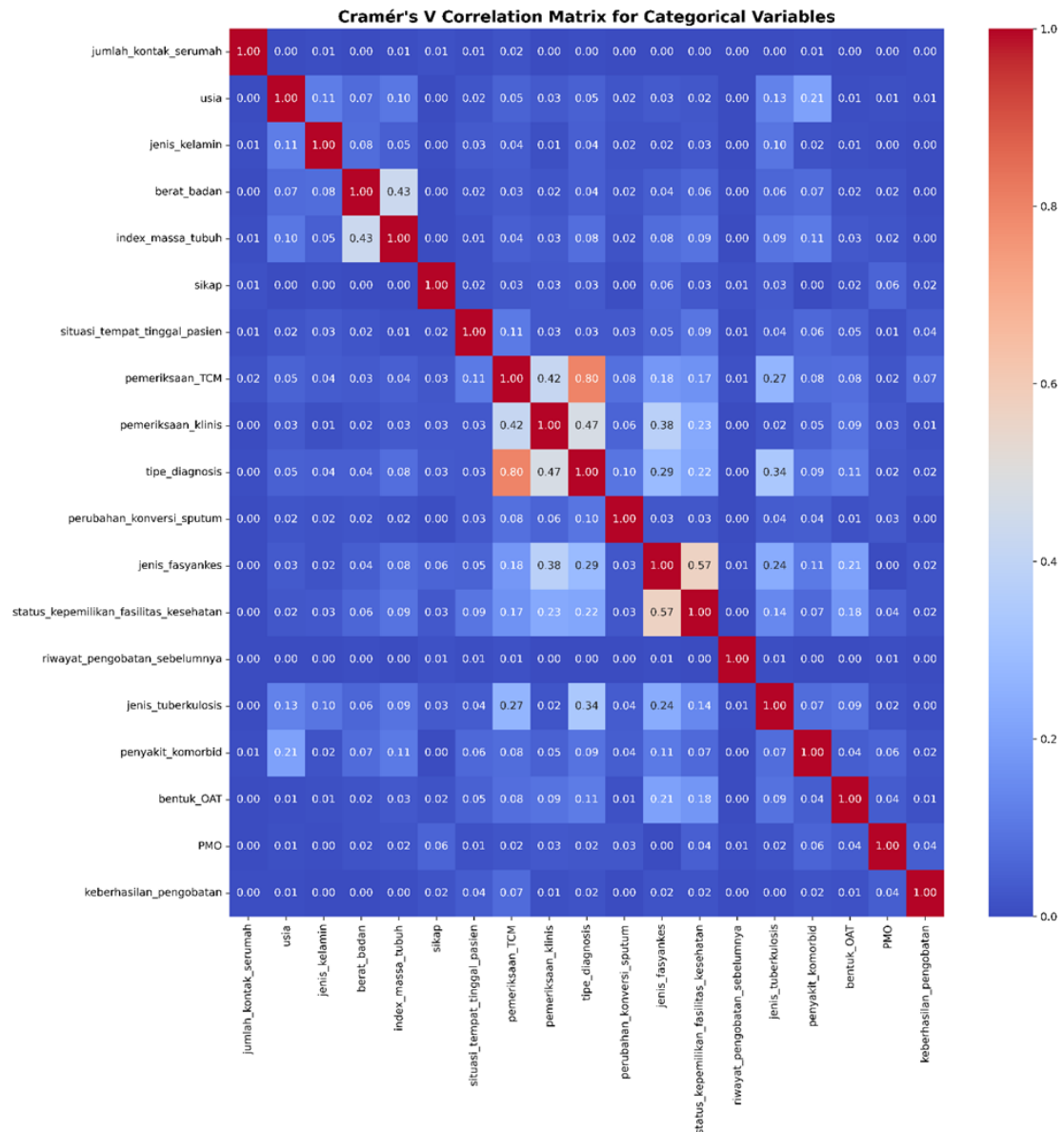
5.1 Pengumpulan Data SITB dan Identifikasi Data

Pengumpulan data SITB dilakukan setelah memperoleh izin resmi dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Data SITB yang digunakan dalam penelitian ini sampai terbentuknya model prediksi terbaik merupakan data SITB pasien tuberkulosis sensitif obat tahun 2020-2023. Penelitian ini menggunakan data set SITB 2020-2023 dengan data awal sejumlah 2.198.636 baris data dan 35 kolom/ variabel sebelum proses preprocessing. Data investigasi kontak ditambahkan dan digabungkan ke dalam data set SITB sesuai dengan ID pasien TB yang terdata di SITB. Beberapa kolom akan didrop setelah proses ekstraksi, sehingga diperoleh data yang terdiri dari 17 kolom/ variabel. Data SITB ini dilakukan penelusuran variabel yang yang tersedia dan kelengkapan data agar data SITB yang akan digunakan dalam analisis data komprehensif dan akurat. Pengumpulan data meliputi data demografi, faktor klinis, riwayat pengobatan dan lain-lain yang dapat memengaruhi keberhasilan pengobatan.



Gambar 5.1. Tahapan processing data dan features engineering

Data yang dikumpulkan akan menjadi sarana untuk analisis dan pengembangan model prediksi ML. Data yang diperoleh akan melalui proses pembersihan data untuk menghilangkan data yang tidak lengkap, duplikat atau tidak konsisten. Proses ini meliputi imputasi data dan normalisasi data. Setelah itu dilanjutkan preprocessing data untuk memastikan kualitas data sebagai data input proses analisis data.



Keterangan warna heatmap :

Merah Tua: Korelasi 0.8-1; Merah Muda: Korelasi 0.6-0.8; Abu-abu: Korelasi 0.4-0.6; Biru Muda: Korelasi 0.2-0.4; Biru Tua: Korelasi 0-0.2

Gambar 5.2. Heatmap correlation fitur

Adapun rincian variabel yang digunakan dari data set SITB pada penelitian ini sesuai dengan kerangka konsep adalah 16 variabel independen dan 1 variabel dependen pada penelitian ini. Terdapat penambahan 2 variabel independen yang merupakan pengembangan data SITB yaitu index massa tubuh (IMT) diperoleh dari data BB dan TB subjek dan jumlah kontak serumah yang diperoleh dari data investigasi kontak berdasarkan ID pasien di data SITB. Exploratory Data Analysis (EDA) dilakukan saat

proses analisis data dengan tujuan untuk memahami karakteristik data, menemukan pola, anomali data, serta hubungan antar variabel. Dataset ini terdiri atas 2198636 baris data dan 35 kolom atau variabel sebelum proses *preprocessing*. Adapun beberapa kolom akan *drop* setelah proses ekstraksi. Selain itu, imputasi data dilakukan pada penelitian ini dengan ketentuan missing variabel $\leq 20\%$ dan hasil pengobatan (variabel dependen) harus terisi. Bila variabel dependen tidak terisi maka otomatis akan dibuang. Setelah melewati data *preprocessing*, diperoleh jumlah data yang akan digunakan pada penelitian ini sebanyak 344.992. Data PMO yang tidak isi diimputasi dengan menggunakan keterangan data PMO tidak diketahui, sesuai dengan definisi operasional. Imputasi data untuk tinggi badan dan berat badan dilakukan dengan menggunakan nilai median berdasarkan jenis kelamin. Imputasi dilakukan dengan memasukkan nilai median untuk data numerik, sedangkan untuk data kategorik imputasi dilakukan dengan menggunakan nilai mode.

5.2 Systematic Literature Review: Prediktor Keberhasilan Pengobatan

Penelusuran literatur merupakan bagian dari tahap pertama bertujuan untuk menentukan variabel relevan untuk dimasukkan dalam analisis data serta pengembangan model ML (tahap 2). Pada tahap juga akan ditambahkan variabel lain yang dapat digunakan sebagai variabel tambahan pengembangan dari data yang sudah ada di data SITB.

1. Dokumen Pencarian dan Seleksi Studi

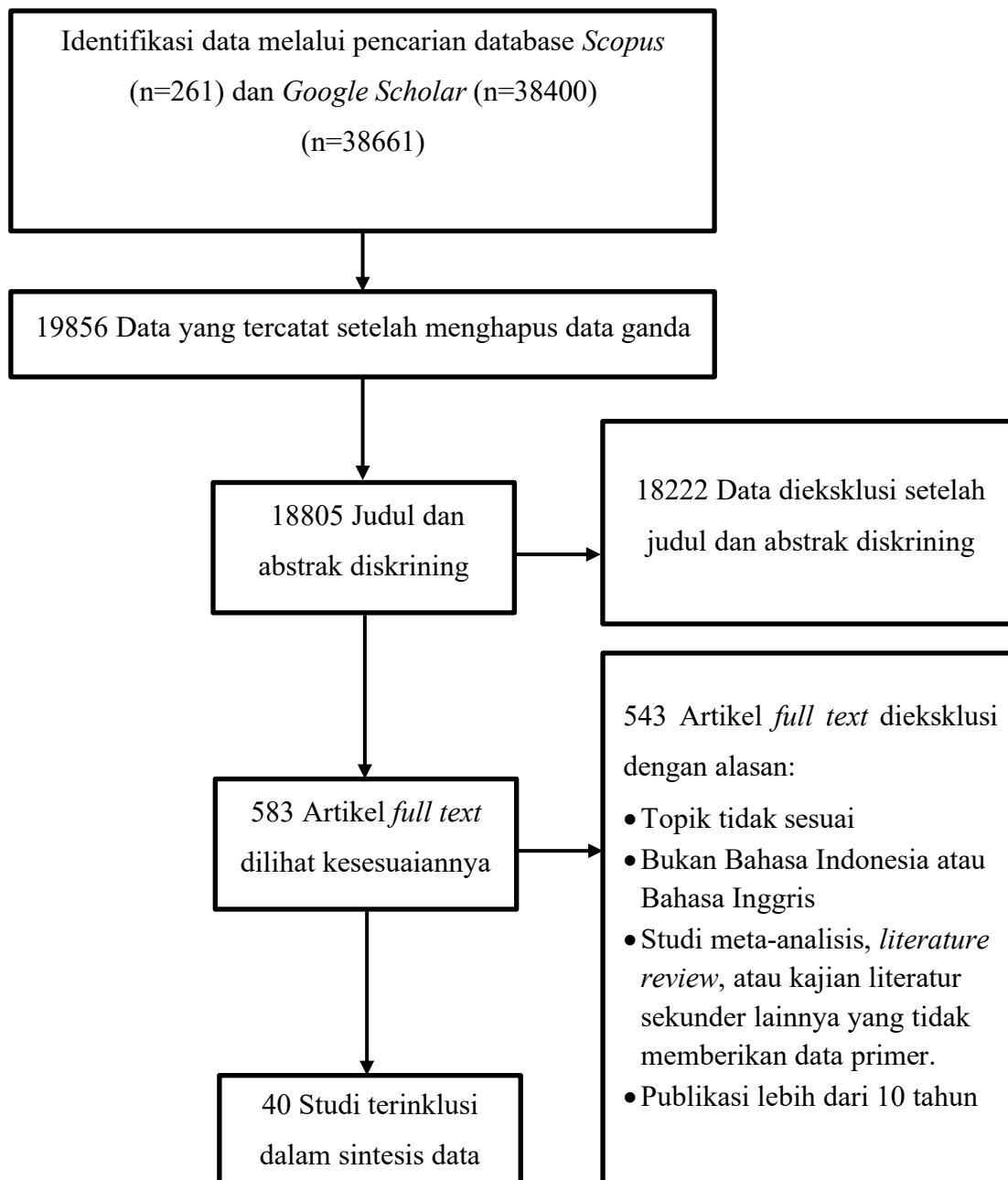
Proses pencarian studi menghasilkan jumlah akhir artikel ilmiah yang kemudian dilakukan kajian pada sub bab pembahasan. Adapun jumlah artikel keseluruhan yang didapatkan berdasarkan hasil penelusuran kanal pencarian *Scopus* dan *Google Scholar* yang terbit sejak tahun 2015 hingga 2024 dengan total keseluruhan 5.706 artikel. Kata kunci yang digunakan berdasarkan kata kunci yaitu tuberkulosis, usia produktif, faktor prediksi, dan keberhasilan pengobatan (tuberkulosis AND usia produktif AND (faktor prediksi OR faktor risiko OR faktor pengaruh OR karakteristik) AND (berhasil OR sukses OR tercapai) AND (hasil pengobatan tuberkulosis OR hasil perawatan tuberkulosis) dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.

Dari hasil proses pemilahan judul dan abstrak yang ditemui sebanyak 583 artikel *full text*. Kemudian artikel tersebut disaring kembali dengan membaca keseluruhan artikel

yang sesuai dengan relevansi dari tujuan studi yang dilakukan. Dari proses tersebut sebanyak 543 artikel dieksklusikan karena tidak dapat menjawab pertanyaan penelitian dan/atau tidak dilakukan pada rural area. Hasil akhir pencarian data menghasilkan 40 artikel yang memenuhi tujuan penelitian yang ditetapkan dan dilakukan di pada negara dengan tingkat beban TB yang tinggi.

2. Hasil Pencarian Studi

Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap keberhasilan pengobatan TB berdasarkan variabel yaitu usia, jenis kelamin, berat badan, indeks massa tubuh, sikap, situasi tempat tinggal pasien, jumlah kontak serumah, pemeriksaan TCM, pemeriksaan klinis, tipe diagnosis, perubahan konversi sputum, jenis fasyankes, status kepemilikan fasilitas kesehatan, riwayat pengobatan sebelumnya, jenis tuberkulosis, penyakit komorbid, bentuk OAT, dan pengawas menelan obat (PMO). Variabel tambahan yang dikembangkan dari data SITB digunakan dalam penelitian ini meliputi, indeks massa tubuh (diperoleh dari data berat badan dan tinggi badan), data jumlah kontak serumah, dan data kepadatan penduduk di wilayah tempat tinggal pasien.



Gambar 5.3. Diagram PRISMA

5.3 Analisis Data SITB

Data SITB yang telah melalui proses imputasi, di mana terdapat tiga variabel dengan data tidak terisi yang dilengkapi menggunakan nilai median, seperti berat badan, jumlah kontak serumah, dan lama pengobatan, siap untuk dianalisis lebih lanjut. Analisis yang dilakukan mencakup deskriptif, bivariat, dan multivariat untuk mendukung pengembangan model prediksi berbasis pembelajaran mesin (ML). Analisis deskriptif digunakan untuk memahami distribusi serta karakteristik data, sementara analisis bivariat

dan multivariat bertujuan mengidentifikasi hubungan antara variabel independen dengan keberhasilan pengobatan serta mengukur kekuatan pengaruhnya. Selain itu, analisis korelasi dilakukan guna menentukan variabel independen yang paling signifikan dalam keberhasilan pengobatan, yang selanjutnya menjadi dasar dalam pembangunan model prediksi ML.

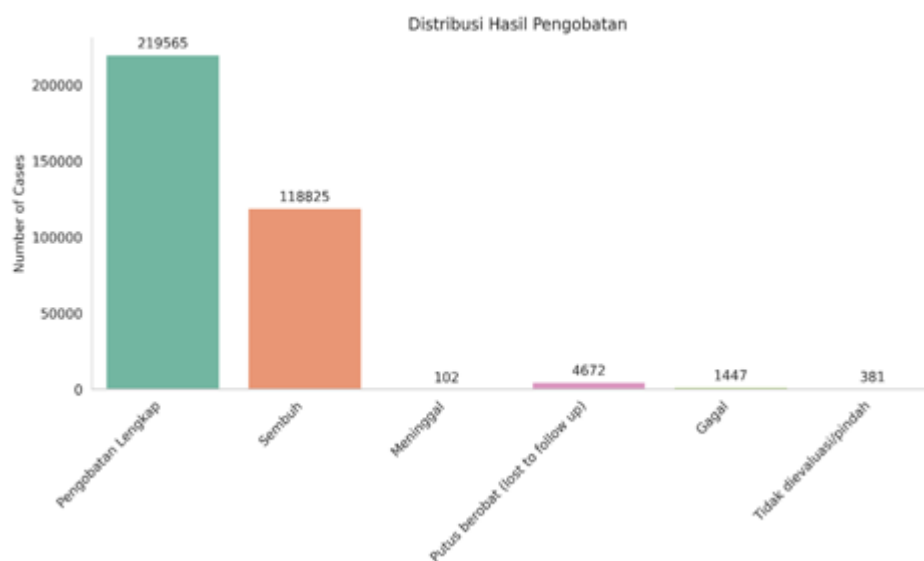
Studi ini menganalisis berbagai faktor yang berhubungan dengan keberhasilan atau kegagalan pengobatan tuberkulosis (TB) pada populasi usia produktif di Indonesia. Variabel yang digunakan mencakup karakteristik sosiodemografi (usia, jenis kelamin, kepadatan penduduk), faktor klinis (hasil pemeriksaan Xpert MTB/RIF, pemeriksaan klinis, tipe diagnosis, penyakit komorbid), faktor pengobatan (jenis fasilitas layanan kesehatan, bentuk obat anti-TB, pemantauan minum obat/PMO), serta faktor risiko lainnya (kontak serumah, indeks massa tubuh, riwayat pengobatan). Analisis data ini bertujuan untuk mengidentifikasi variabel yang paling signifikan dalam menentukan keberhasilan pengobatan tuberkulosis.

Tabel 5.1. Data deskriptif Persebaran Data (n=344992)

Variabel	Kategori	Total (%)
Umur (tahun)	15-24 tahun	70143 (20.33)
	25-34 tahun	68799 (19.94)
	35-44 tahun	68580 (19.88)
	45-54 tahun	73789 (21.39)
	55-64 tahun	63681 (18.46)
Jenis Kelamin	Laki-laki (L)	193708 (56.15)
	Perempuan (P)	151284 (43.85)
Berat Badan (kg)	Berisiko ($L \leq 42$, $P \leq 35$)	50384 (14.60)
	Tidak berisiko	294608 (85.40)
Indeks Massa Tubuh (kg/m^2)	BB kurang (< 18.5)	159069 (46.11)
	Normal ($18.5-22.9$)	152362 (44.16)
	BB lebih ($23-24.9$)	25138 (7.29)
	Obese (≥ 25)	8423 (2.44)
Sikap	Skrining penyakit lain	389 (0.11)
	Datang sendiri	310096 (89.88)
	Dirujuk	34507 (10.00)

Situasi Tempat Tinggal Pasien (jiwa/km²)	Tidak padat (1-50)	22984 (6.66)
	Kurang Padat (51-250)	93830 (27.20)
	Cukup padat (251-400)	14965 (4.34)
	Sangat padat (>400)	213213 (61.80)
Jumlah Kontak Serumah	> 4 orang	796 (0.23)
	≤ 4 orang	344196 (99.77)
Pemeriksaan TCM	Negatif	181850 (52.71)
	Positif	42070 (12.19)
	Tidak ada data	121072 (35.09)
Pemeriksaan Klinis	Dengan tambahan	196573 (56.98)
	Tanpa tambahan	148419 (43.02)
Tipe Diagnosis	Bakteriologis	226282 (65.59)
	Secara klinis	118710 (34.41)
Perubahan Konversi Sputum	Ya	337168 (97.73)
	Tidak	7824 (2.27)
Jenis Fasyankes	Layanan primer	263770 (76.46)
	Layanan sekunder	81222 (23.54)
Status kepemilikan fasyankes	Pemerintah	306444 (88.83)
	Swasta	38548 (11.17)
Riwayat Pengobatan sebelumnya	Kasus baru	333409 (96.64)
	Bukan kasus baru	11583 (3.36)
Jenis Tuberkulosis	TBC ekstraparu	21415 (6.21)
	TBC paru	323577 (93.79)
Penyakit Komorbid	Ada	43891 (12.72)
	Tidak ada	267759 (77.61)
	Tidak diketahui	33342 (9.66)
Bentuk OAT	KDT	338807 (98.21)
	Obat lepas	6185 (1.79)
PMO	Ada	71604 (20.76)
	Tidak diketahui	273388 (79.24)
Hasil pengobatan	Berhasil	338390 (98.09)
	Tidak berhasil	6602 (1.91)

Penelitian ini menganalisis data dari 344.992 pasien tuberkulosis di Indonesia dengan mempertimbangkan berbagai faktor, seperti kondisi sosial dan demografi, aspek klinis, serta jenis pengobatan yang diterima. Dari jumlah tersebut, sebagian besar pasien, yaitu 98,09% (338.390 orang), berhasil menyelesaikan pengobatan yang terdiri atas 219.565 pasien yang menyelesaikan seluruh rangkaian pengobatan dan 118.825 pasien yang dinyatakan sembuh. Sementara itu, 1,91% (6.602 orang) tergolong tidak berhasil menjalani pengobatan, dengan rincian: 102 pasien meninggal, 4.672 putus berobat, 1.447 mengalami kegagalan pengobatan, dan 381 tidak dievaluasi atau pindah fasilitas layanan.



Gambar 5.4. Distribusi Hasil Pengobatan

Berdasarkan usia, pasien dalam penelitian ini berusia antara 15 hingga 64 tahun. Kelompok usia terbesar adalah 45-54 tahun dengan 73.789 pasien (21.39%), diikuti oleh kelompok 15-24 tahun sebanyak 70.143 pasien, kelompok usia 25-34 tahun sebanyak 68.799, kelompok 35-44 tahun dengan 68.580 pasien, kelompok usia 55-64 tahun memiliki jumlah pasien terkecil yaitu 63.681 pasien.

Dari segi jenis kelamin, mayoritas pasien adalah laki-laki sebanyak 193.708 orang (56,15%), sedangkan perempuan berjumlah 151.284 orang (43,85%). Berdasarkan status gizi, sebanyak 46,11 % pasien memiliki berat badan kurang, 44,16% memiliki berat badan normal, 7,29% mengalami kelebihan berat badan, dan 2,44% dikategorikan

obesitas. Selain itu, 14,60% pasien memiliki berat badan yang dikategorikan berisiko dalam konteks pengobatan TB.

Berdasarkan rujukan pasien ke fasilitas kesehatan, sebagian besar pasien 310.096 orang atau (89,89%) datang sendiri, sementara 34.507 pasien (10,00%) dirujuk oleh fasilitas kesehatan lain, dan 389 pasien (0,11%) terdeteksi melalui skrining penyakit lain. Terkait dengan kepadatan tempat tinggal, 213.213 pasien (61,80%) berasal dari lingkungan yang sangat padat, 93.830 pasien (27,20%) tinggal di daerah kurang padat, 22.984 pasien (6,66%) tinggal di daerah tidak padat, dan 14.965 pasien (4,34%) berasal dari lingkungan cukup padat.

Dalam aspek diagnosis, 226.282 pasien (65,59%) didiagnosis melalui pemeriksaan bakteriologis, sedangkan 118.710 pasien (34,41%) didiagnosis secara klinis. Hasil pemeriksaan Xpert MTB/RIF menunjukkan bahwa 181.850 pasien (52,71%) memiliki hasil negatif, 42.070 pasien (12,19%) memiliki hasil positif, dan 121.072 pasien (35,09%) tidak memiliki data pemeriksaan Xpert. Sebagian besar pasien 338.807 (98,21%) mendapatkan terapi dengan kombinasi dosis tetap (KDT), sedangkan 6.185 pasien (1,79%) menggunakan obat lepas. Berdasarkan pemantauan minum obat (PMO), hanya 71.604 pasien (20,76%) yang memiliki PMO, sedangkan sisanya 273.388 pasien (79,24%) tidak diketahui status pemantauan pengobatannya.

Berdasarkan fasilitas kesehatan tempat pasien mendapatkan layanan, 263.770 pasien (76,46%) ditangani di layanan kesehatan primer, sementara 81.222 pasien (23,54%) menerima pengobatan di fasilitas layanan kesehatan sekunder. Berdasarkan kepemilikan fasilitas kesehatan, sebagian besar pasien 306.444 (88,83%) dirawat di fasilitas kesehatan milik pemerintah, sementara sisanya 11,17% mendapat layanan dari fasilitas swasta.

Berdasarkan riwayat pengobatan, sebanyak 333.409 pasien (96,64%) merupakan kasus baru, sedangkan 11.583 pasien (3,36%) memiliki riwayat pengobatan TB sebelumnya. Berdasarkan lokasi penyakit, mayoritas pasien 323.577 (93,79%) mengalami TB paru, sementara 6,21% mengalami TB ekstraparu. Sebanyak 43.891 pasien (12,72%) memiliki penyakit komorbid, sementara 267.759 pasien (77,61%) tidak memiliki komorbiditas, dan 33.342 pasien (9,66%) tidak diketahui status komorbiditasnya.

1. Gambaran Persebaran Data Berdasarkan Keberhasilan dan Kegagalan Pengobatan serta analisis bivariat

Analisis univariat dilakukan untuk memahami distribusi karakteristik responden serta pola dari masing-masing variabel penelitian. Pada tahap ini, setiap variabel dianalisis secara deskriptif untuk melihat proporsi dan kecenderungan data, seperti distribusi usia, sikap pasien, kondisi tempat tinggal, jumlah kontak serumah, serta faktor lain yang berhubungan dengan pengobatan tuberkulosis. Hasil analisis univariat ini memberikan gambaran awal sebelum dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengeksplorasi hubungan antar variabel.

Tahap selanjutnya dilakukan analisis bivariat bertujuan untuk mengevaluasi hubungan antara setiap variabel independen dengan keberhasilan pengobatan tuberkulosis. Dalam analisis ini, digunakan uji statistik untuk mengidentifikasi variabel yang memiliki asosiasi signifikan dengan keberhasilan terapi berdasarkan *p-value*. Hasil dari analisis bivariat ini menjadi dasar dalam menentukan variabel yang akan dimasukkan ke dalam model analisis multivariat untuk melihat pengaruhnya secara simultan setelah dikontrol dengan variabel lain.

Tabel 5.2. Hasil Uji *Chi-Square* berdasarkan Berhasil dan Tidak Berhasil Pengobatan (N=344992)

Variabel	Kategori	Berhasil	%	Tidak berhasil	%	Total	<i>p-value (Sig)</i>
Umur	15-24 tahun	68.745	98,01	1.398	1,99	70.143	
	25-34 tahun	67.503	98,12	1.296	1,88	68.799	
	35-44 tahun	67.209	98,00	1.371	2,00	68.580	
	45-54 tahun	72.398	98,11	1.391	1,89	73.789	
	55-64 tahun	62.535	98,20	1.146	1,80	63.681	0.039*
Jenis Kelamin	Laki-laki (L)	190.068	98,12	3.640	1,88	193.708	
	Perempuan(P)	148.322	98,04	2.962	1,96	151.284	0.096
Berat Badan (kg)	Berisiko (L≤42,P≤35)	49.367	97,98	1.017	2,02	50.384	
	Tidak berisiko	289.023	98,10	5.585	1,90	294.608	0.066
Indeks Massa Tubuh (kg/m²)	BB kurang (<18.5)	155.954	98,04	3.115	1,96	159.069	
	Normal (18.5-22.9)	149.471	98,10	2.891	1,90	152.362	
	BB lebih (23-24.9)	24.687	98,21	451	1,79	25.138	

Variabel	Kategori	Berhasil	%	Tidak berhasil	%	Total	<i>p-value (Sig)</i>
	Obese (≥ 25)	8.278	98,28	145	1,72	8.423	0.140
Sikap	Skrining penyakit lain	364	93,57	25	6,43	389	
	Datang sendiri	304.405	98,16	5.691	1,84	310.096	
	Dirujuk	33.621	97,43	886	2,57	34.507	<0.001**
Situasi Tempat Tinggal Pasien (jiwa/km²)	Tidak padat (1-50)	22.433	97,60	551	2,40	22.984	
	Kurang padat (51-250)	92.055	98,11	1.775	1,89	93.830	
	Cukup padat (251-400)	14.649	97,89	316	2,11	14.965	
	Sangat padat (>400)	209.253	98,14	3.960	1,86	213.213	<0.001**
Jumlah Kontak Serumah	> 4 orang	792	99,50	4	0,50	796	
	≤ 4 orang	337.598	98,08	6.598	1,92	344.196	0.005*
Pemeriksaan TCM	Negatif	179.704	98,82	2.146	1,18	181.850	
	Positif	41.551	98,77	519	1,23	42.070	
	Tidak ada data	117.135	96,75	3.937	3,25	121.072	<0.001**
Pemeriksaan Klinis	Dengan tambahan	192.605	97,98	3.968	2,02	196.573	
	Tanpa tambahan	145.785	98,23	2.634	1,77	148.419	<0.001**
Tipe Diagnosis	Bakteriologis	222.357	98,27	3.925	1,73	226.282	
	Secara klinis	116.033	97,74	2.677	2,26	118.710	<0.001**
Perubahan Konversi Sputum	Ya	330.705	98,08	6.463	1,92	337.168	
	Tidak	7.685	98,22	139	1,78	7.824	0,393
Jenis Fasyankes	Layanan primer	258.397	97,96	5.373	2,04	263.770	
	Layanan sekunder	79.993	98,49	1.229	1,51	81.222	<0.001**
Status kepemilikan fasyankes	Pemerintah	300.345	98,01	6.099	1,99	306.444	
	Swasta	38.045	98,70	503	1,30	38.548	<0.001**
Riwayat Pengobatan sebelumnya	Kasus baru	326.924	98,05	6.485	1,95	333.409	
	Bukan kasus baru	11.466	98,99	117	1,01	11.583	<0.001**
Jenis Tuberkulosis	TBC ekstraparu	20.955	97,85	460	2,15	21.415	
	TBC paru	317.435	98,10	6.142	1,90	323.577	0.010*
Penyakit Komorbid	Ada	43.132	98,27	759	1,73	43.891	
	Tidak ada	262.779	98,14	4.980	1,86	267.759	
	Tidak diketahui	32.479	97,41	863	2,59	33.342	<0.001**

Variabel	Kategori	Berhasil	%	Tidak berhasil	%	Total	<i>p-value (Sig)</i>
Bentuk OAT	KDT	332.242	98,06	6.565	1,94	338.807	
	Obat lepas	6.148	99,40	37	0,60	6.185	<0.001**
PMO	Ada	69.482	97,04	2.122	2,96	71.604	
	Tidak diketahui	268.908	98,36	4.480	1,64	273.388	<0.001**

Keterangan: **p<0.001 *p<0.05

Berdasarkan analisis univariat, mayoritas pasien dengan keberhasilan pengobatan tuberkulosis (TBC) berada dalam rentang usia 55-64 tahun dengan tingkat keberhasilan sebesar 98,20%. Sebaliknya, kelompok usia 35-44 tahun menunjukkan tingkat keberhasilan pengobatan terendah meskipun tetap tinggi secara absolut, yaitu 98,00%. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun usia muda sering diasosiasikan dengan daya tahan tubuh yang lebih baik, faktor kepatuhan terhadap pengobatan justru lebih optimal pada kelompok usia lanjut. Hal ini sejalan dengan asumsi bahwa pasien usia lanjut cenderung lebih patuh terhadap terapi karena kesadaran kesehatan yang lebih tinggi dan pemantauan yang lebih ketat dari keluarga atau tenaga kesehatan.

Pada aspek jenis kelamin, tingkat keberhasilan pengobatan pada laki-laki sedikit lebih tinggi (98,12%) dibandingkan perempuan (98,04%). Perbedaan ini tidak terlalu besar, namun tetap relevan untuk diperhatikan. Faktor biologis dan perilaku kesehatan dapat berkontribusi terhadap perbedaan ini, di mana laki-laki mungkin lebih cepat mengakses layanan kesehatan ketika mengalami gejala, sementara perempuan, dalam beberapa kasus, menghadapi hambatan sosial atau ekonomi dalam akses layanan.

Dari segi berat badan, pasien dengan kategori tidak berisiko menunjukkan tingkat keberhasilan tertinggi (98,10%). Hal ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa status gizi yang baik berkontribusi pada efektivitas terapi TBC. Untuk kategori indeks massa tubuh (IMT), pasien dengan berat badan normal juga mencatatkan keberhasilan tinggi (98,10%), sedangkan pasien dengan obesitas justru menunjukkan keberhasilan yang sedikit lebih tinggi (98,28%). Ini menunjukkan bahwa status nutrisi yang memadai penting untuk mendukung respons tubuh terhadap terapi.

Dalam hal sikap, pasien yang datang sendiri untuk berobat memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi (98,16%) dibandingkan yang menjalani skrining dalam konteks pemeriksaan lain. Ini menunjukkan bahwa motivasi pasien secara sukarela untuk mencari pengobatan merupakan faktor penting dalam keberhasilan terapi.

Situasi tempat tinggal juga memberikan pengaruh, di mana pasien yang tinggal di daerah cukup padat menunjukkan tingkat keberhasilan pengobatan lebih tinggi (98,16%) dibandingkan daerah tidak padat (97,60%). Meskipun kepadatan penduduk meningkatkan risiko penularan, tersedianya sarana kesehatan yang lebih baik di daerah padat mungkin meningkatkan tingkat keberhasilan terapi.

Pada jumlah kontak serumah, pasien yang tinggal dengan lebih dari 4 orang serumah menunjukkan tingkat keberhasilan pengobatan yang sangat tinggi (99,50%). Temuan ini menekankan pentingnya dukungan sosial dalam keberhasilan terapi, di mana keluarga besar dapat berperan sebagai pengingat dan motivator dalam mematuhi pengobatan.

Pada pemeriksaan laboratorium, untuk pemeriksaan BTA, pasien dengan hasil positif memiliki keberhasilan pengobatan lebih tinggi (98,22%) dibandingkan dengan pasien BTA negatif (98,08%). Demikian pula, pada pemeriksaan TCM, pasien dengan hasil negatif menunjukkan keberhasilan lebih tinggi (98,82%) dibandingkan yang positif (98,77%). Hal ini mengindikasikan pentingnya deteksi dini dan diagnosis akurat dalam menunjang keberhasilan terapi.

Tipe diagnosis memperlihatkan bahwa pasien dengan diagnosis bakteriologis memiliki keberhasilan pengobatan lebih tinggi (98,27%) dibandingkan diagnosis berbasis klinis. Ini memperkuat pentingnya diagnosis berbasis laboratorium dalam meningkatkan akurasi dan efektivitas pengobatan TBC.

Untuk jenis fasilitas pelayanan kesehatan (fasyankes), pasien yang berobat di fasilitas sekunder memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi (98,49%) dibandingkan fasilitas primer (97,96%). Perbedaan ini dapat disebabkan oleh ketersediaan fasilitas diagnostik yang lebih lengkap di layanan sekunder.

Status kepemilikan fasilitas menunjukkan bahwa pasien di fasilitas pemerintah memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi (98,01%) dibandingkan di fasilitas swasta (98,70%). Namun, perlu dicermati bahwa fasilitas pemerintah biasanya memiliki cakupan program nasional TBC yang lebih ketat, termasuk pengawasan PMO dan pemantauan pasien.

Berdasarkan riwayat pengobatan sebelumnya, pasien yang baru pertama kali berobat memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi (98,05%) dibandingkan mereka

dengan riwayat pengobatan sebelumnya. Ini menunjukkan bahwa kasus pengobatan berulang atau putus obat berisiko lebih tinggi terhadap kegagalan terapi.

Dari aspek jenis tuberkulosis, pasien dengan TB paru menunjukkan tingkat keberhasilan pengobatan lebih tinggi (98,10%) dibandingkan dengan TB ekstraparu. Ini konsisten dengan literatur bahwa pengobatan TB paru lebih standar dan durasinya lebih singkat dibandingkan TB ekstraparu yang lebih kompleks.

Pada variabel penyakit komorbid, justru ditemukan bahwa pasien dengan komorbid memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi (98,27%) dibandingkan yang tidak diketahui memiliki komorbid. Hal ini kemungkinan mencerminkan pengawasan medis yang lebih intensif pada pasien dengan penyakit penyerta.

Dalam hal bentuk OAT, pasien yang menggunakan KDT (kombinasi dosis tetap) menunjukkan keberhasilan sebesar 98,06%, sementara pasien yang menggunakan kombipak mencapai keberhasilan 99,40%. Namun, jumlah pasien pengguna kombipak sangat kecil, sehingga hasil ini harus ditafsirkan dengan hati-hati karena rentan terhadap bias ukuran sampel.

Pada aspek Pengawas Menelan Obat (PMO), ditemukan bahwa kategori PMO tidak diketahui sangat dominan jumlahnya. Pasien yang diketahui memiliki PMO keluarga memiliki tingkat keberhasilan lebih rendah (97,04%). Ini menunjukkan pentingnya pencatatan status PMO dengan lebih akurat di lapangan. Mengingat peran PMO sangat penting dalam memastikan kepatuhan, maka absennya data PMO pada banyak pasien perlu menjadi perhatian dalam perbaikan sistem pencatatan dan pemantauan.

Mengacu pada ketimpangan data antar kategori (seperti PMO tidak diketahui), dalam uraian tabel dan narasi disarankan untuk tetap menyebutkan distribusi datanya secara proporsional dan menambahkan catatan bahwa hasil analisis pada kategori minoritas harus ditafsirkan secara hati-hati mengingat potensi bias akibat ketidakmerataan jumlah data antar kelompok.

Analisis bivariat bertujuan untuk mengevaluasi hubungan antara setiap variabel independen dengan keberhasilan pengobatan tuberkulosis. Dalam analisis ini, digunakan uji statistik untuk mengidentifikasi variabel yang memiliki asosiasi signifikan dengan keberhasilan terapi dilihat dari nilai *p*. Hasil dari analisis bivariat ini menjadi dasar dalam menentukan variabel yang akan dimasukkan ke dalam model analisis multivariat untuk melihat pengaruhnya secara simultan setelah dikontrol dengan variabel lain.

Analisis bivariat dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara faktor-faktor karakteristik pasien dengan keberhasilan pengobatan tuberkulosis, sebagai bagian dari upaya menganalisis faktor-faktor penentu keberhasilan terapi berdasarkan big data.

Hasil analisis menunjukkan bahwa umur memiliki hubungan signifikan dengan keberhasilan pengobatan ($p = 0,039$; $OR = 0,98$). Semakin bertambah usia, peluang keberhasilan pengobatan cenderung menurun, yang kemungkinan disebabkan oleh faktor penurunan imunitas tubuh dan meningkatnya risiko komorbiditas.

Pada variabel jenis kelamin, tidak ditemukan hubungan yang signifikan ($p = 0,096$), meskipun OR sebesar 1,043 mengindikasikan laki-laki memiliki sedikit peluang lebih tinggi untuk berhasil dalam terapi dibandingkan perempuan. Berat badan juga tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan keberhasilan pengobatan ($p = 0,066$; $OR = 0,938$), namun kecenderungan keberhasilan sedikit lebih tinggi ditemukan pada pasien dengan berat badan tidak berisiko.

Sikap pasien terhadap pengobatan menunjukkan hubungan yang sangat signifikan dengan keberhasilan terapi ($p < 0,001$; $OR = 1,369$). Pasien yang memiliki sikap positif memiliki peluang keberhasilan lebih tinggi dibandingkan mereka yang memiliki sikap negatif, menunjukkan pentingnya pendekatan edukatif dan motivasional dalam manajemen pasien TBC.

Situasi tempat tinggal pasien menunjukkan hubungan bermakna secara statistik ($p < 0,001$) dan jumlah kontak serumah menunjukkan hubungan sangat signifikan ($p = 0,005$; $OR = 3,87$). Dukungan sosial dari anggota serumah yang lebih banyak tampaknya meningkatkan kepatuhan pasien terhadap pengobatan dan berkontribusi terhadap keberhasilan terapi.

Pemeriksaan laboratorium juga berperan penting, di mana hasil pemeriksaan TCM negatif berhubungan signifikan dengan keberhasilan pengobatan ($p < 0,001$; $OR = 1,702$). Pemeriksaan klinis tanpa konfirmasi laboratorium justru menunjukkan hubungan negatif terhadap keberhasilan ($p < 0,001$; $OR = 0,877$), menggarisbawahi pentingnya diagnosis laboratorium yang akurat dalam memastikan keberhasilan terapi.

Tipe diagnosis berhubungan signifikan dengan keberhasilan ($p < 0,001$; $OR = 1,307$), dengan diagnosis bakteriologis menunjukkan peluang keberhasilan lebih tinggi dibandingkan diagnosis klinis. Selain itu, jenis fasilitas pelayanan kesehatan dan status

kepemilikan fasilitas juga menunjukkan hubungan signifikan, di mana fasilitas sekunder dan fasilitas pemerintah mendukung keberhasilan terapi yang lebih tinggi.

Riwayat pengobatan sebelumnya menunjukkan hubungan sangat signifikan, dengan pasien kasus baru memiliki peluang keberhasilan lebih rendah dibandingkan pasien dengan riwayat putus obat atau gagal ($p < 0,001$; OR = 1,944). Namun harus berhati-hati dalam menginterpretasikan hasil ini karena 74.46% subjek penelitian ini menggunakan fasilitas layanan primer dalam pengobatan TB. Pada jenis tuberkulosis, pasien TB paru memiliki peluang keberhasilan lebih tinggi dibandingkan TB ekstraparu ($p = 0,010$; OR = 0,881).

Penyakit komorbid juga memperlihatkan hubungan signifikan, dengan pasien tanpa penyakit penyerta memiliki tingkat keberhasilan terapi yang lebih baik ($p < 0,001$; OR = 1,237). Bentuk OAT menunjukkan hubungan bermakna secara statistik dengan keberhasilan pengobatan ($p < 0,001$), demikian pula dukungan pengawas menelan obat (PMO) juga terbukti berhubungan signifikan terhadap keberhasilan terapi ($p < 0,001$).

2. Analisis Multivariabel

Analisis multivariabel dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang secara independen berkontribusi terhadap keberhasilan pengobatan tuberkulosis setelah memperhitungkan pengaruh variabel lainnya. Model regresi logistik digunakan untuk mengestimasi hubungan antara variabel prediktor dengan keberhasilan terapi, yang ditunjukkan melalui nilai koefisien beta, odds ratio (OR), serta interval kepercayaan 95% (95% CI). Dengan pendekatan ini, diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor utama yang memengaruhi keberhasilan pengobatan, yang dapat menjadi dasar dalam pengambilan kebijakan kesehatan yang lebih efektif.

Tabel 5.3. Analisis Multivariabel Faktor –Faktor yang Berhubungan dengan Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis di Indonesia (2020-2023)

Variabel	Kategori	Beta Coefficient	CI 95%		Adjusted OR	p-value (Sig)
			Lower	Upper		
Umur	15-24 (R)				1	
	25-34 tahun	-0.12	0.85	1.03	0.94	0.443
	35-44 tahun	-0.08	0.85	1.00	0.92	0.618
	45-54 tahun	-0.15	0.85	0.99	0.86	0.023*
	55-64 tahun	-0.20	0.80	0.96	0.87	0.008*
Jenis Kelamin	P (R)				1	
	L	0.04	0.993	1.095	1.04	0.096
Berat Badan (kg)	Tidak berisiko (R)				1	
	Berisiko (L≤42, P ≤ 35)	0.25		1.22	0.83	0.004*
Indeks Massa Tubuh (kg/m ²)	Normal (18.5-22.9) (R)				1	
	BB kurang (<18.5)	-0.02	0.82	0.97	0.89	0.008*
	BB lebih (23-24.9)	0.07	0.95	1.12	1.03	0.420
	Obese (≥25)	-0.12	0.84	1.05	0.94	0.320
Sikap	Datang sendiri (R)				1	
	Skrining penyakit lain	-1.20	0.25	0.55	0.38	<0.001**
	Dirujuk	-0.40	0.85	0.95	0.90	0.002*
Situasi Tempat Tinggal Pasien (jiwa/km ²)	Tidak padat (1-50) (R)				1	
	Kurang padat (51-250)	-0.14	0.76	1.05	0.87	0.056
	Cukup padat (251-400)	-0.26	0.77	0.85	0.77	<0.001**
	Sangat padat (>400)	-0.26	0.70	0.85	0.77	<0.001**
Jumlah Kontak Serumah	≤ 4 orang (R)				1	
	> 4 orang	1.35	1.45	10.34	3.87	0.005*
Pemeriksaan TCM	Positif (R)				1	
	Negatif	0.05	-0.02	0.12	1.05	0.16
	Tidak ada data	0.77	-0.85	-0.69	0.46	<0.001**
Pemeriksaan Klinis	Tanpa tambahan (R)				1	
	Dengan tambahan	-0.13	0.84	0.92	0.88	<0.001**

Variabel	Kategori	Beta Coefficient	CI 95%		Adjusted OR	p-value (Sig)
			Lower	Upper		
Tipe Diagnosis	Bakteriologis (R)				1	
	Secara klinis	-0.22	0.85	0.97	0.91	0.008*
Perubahan Konversi Sputum	Ya (R)				1	
	Tidak	0.02	0.98	1.03	1.01	0.780
Jenis Fasyankes	Layanan primer (R)				1	
	Layanan sekunder	0.23	0.18	0.27	1.25	<0.001**
Status kepemilikan fasyankes	Pemerintah (R)				1	
	Swasta	0.28	0.20	0.36	1.32	<0.001**
Riwayat Pengobatan sebelumnya	Kasus baru (R)				1	
	Bukan kasus baru	0.18	0.12	0.24	1.2	<0.001**
Jenis Tuberkulosis	TBC paru (R)				1	
	TBC ekstraparu	-0.13	0.80	0.97	0.88	0.010*
Penyakit Komorbid	Tidak ada (R)				1	
	Ada	0.08	0.02	0.14	1.08	0.012*
	Tidak diketahui	-0.13	-0.19	-0.07	0.88	<0.001**
Bentuk OAT	KDT (R)				1	
	Obat lepas	1.19	0.220	0.421	1.31	<0.001**
PMO	Ada (R)				1	
	Tidak diketahui	0.18	1.05	1.32	1.18	0.006*

Keterangan: **p<0.001 *p<0.05

Hasil analisis multivariat menggunakan regresi logistik menunjukkan bahwa beberapa variabel memiliki hubungan signifikan terhadap keberhasilan pengobatan tuberkulosis pada populasi usia produktif di Indonesia. Interpretasi dilakukan berdasarkan nilai Beta Koefisien yang menunjukkan arah hubungan, Odds Ratio (OR) beserta Confidence Interval (CI) 95% yang menunjukkan kekuatan hubungan, serta nilai p-value yang menandakan signifikansi statistik.

Pada variabel umur, kelompok usia 55–64 tahun memiliki hubungan signifikan dengan keberhasilan pengobatan dibandingkan kelompok referensi 15–24 tahun ($\beta = -0,20$; OR = 0,87; p = 0,008). Nilai koefisien negatif dan OR kurang dari 1 menunjukkan bahwa semakin bertambah usia, peluang keberhasilan pengobatan sedikit menurun. Hal ini dapat dikaitkan dengan adanya penurunan imunitas serta peningkatan risiko

komorbiditas pada usia lanjut. Sementara itu, kelompok usia 35–44 tahun tidak menunjukkan hubungan signifikan dengan keberhasilan pengobatan ($p = 0,618$).

Pada variabel berat badan dan indeks massa tubuh (IMT), baik pasien dengan berat badan tidak berisiko maupun obesitas tidak menunjukkan hubungan signifikan terhadap keberhasilan terapi, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai p -value $> 0,05$ pada masing-masing kategori. Namun demikian, kecenderungan nilai koefisien menunjukkan bahwa pasien dengan IMT normal atau tidak berisiko tetap memiliki peluang keberhasilan lebih baik.

Variabel sikap menunjukkan bahwa pasien yang datang sendiri untuk berobat memiliki peluang keberhasilan pengobatan lebih tinggi dibandingkan kategori lain. Koefisien negatif ($-1,20$) dan OR sebesar $0,38$ pada kelompok skrining penyakit lain, sedangkan pada kelompok dirujuk diperoleh koefisien negatif ($-0,40$), OR sebesar $0,9$ dan secara statistik bermakna dengan nilai $p < 0,005$. Hal ini mengindikasikan adanya kecenderungan bahwa sikap lebih proaktif dan motivasi sembuh dapat meningkatkan keberhasilan terapi.

Pada aspek situasi tempat tinggal pasien, ditemukan hubungan signifikan antara kepadatan lingkungan dengan keberhasilan terapi. Pasien yang tinggal di wilayah cukup padat ($251\text{--}400$ jiwa/km²) memiliki peluang keberhasilan lebih rendah dibandingkan yang tinggal di wilayah tidak padat ($\beta = -0,26$; OR = $0,77$; $p < 0,001$). Temuan ini menegaskan bahwa faktor lingkungan fisik dapat memengaruhi keberhasilan pengobatan, di mana kepadatan penduduk mungkin berhubungan dengan tingkat paparan infeksi ulang atau hambatan akses terhadap layanan kesehatan.

Selain variabel di atas, hasil regresi logistik sebelumnya juga menunjukkan bahwa jumlah kontak serumah >4 orang berhubungan sangat signifikan terhadap keberhasilan pengobatan ($\beta = 1,35$; OR = $3,87$; $p < 0,05$), menunjukkan pentingnya dukungan sosial dalam mendukung kepatuhan pasien. Pemeriksaan TCM tidak ada data juga memperlihatkan hubungan positif yang signifikan dengan keberhasilan pengobatan ($\beta = 0,77$; OR = $0,46$; $p < 0,001$), mengindikasikan bahwa diagnosis akurat melalui TCM dapat meningkatkan peluang keberhasilan terapi.

Sebaliknya, perubahan konversi sputum setelah menjalani pengobatan 2 bulan tidak bermakna secara statistik ($p=0.780$), walaupun demikian kegagalan konversi sputum berhubungan dengan peningkatan risiko kegagalan pengobatan.

Pada aspek layanan kesehatan, status kepemilikan fasilitas swasta menunjukkan hubungan positif dengan keberhasilan terapi ($\beta = 0.28$; OR = 1.32; $p < 0,001$). Hal ini menunjukkan bahwa pasien yang berobat di fasilitas swasta memiliki peluang keberhasilan lebih tinggi dibandingkan dengan fasilitas pemerintah, kemungkinan terkait dengan pemeriksaan penunjang dan kepatuhan minum obat mungkin dapat meningkat sejalan dengan biaya pengobatan yang dikeluarkan secara mandiri. Selain itu beban kerja berlebihan pada fasilitas kesehatan primer seperti Puskesmas memungkinkan kualitas layanan yang berbeda dibandingkan fasilitas swasta.

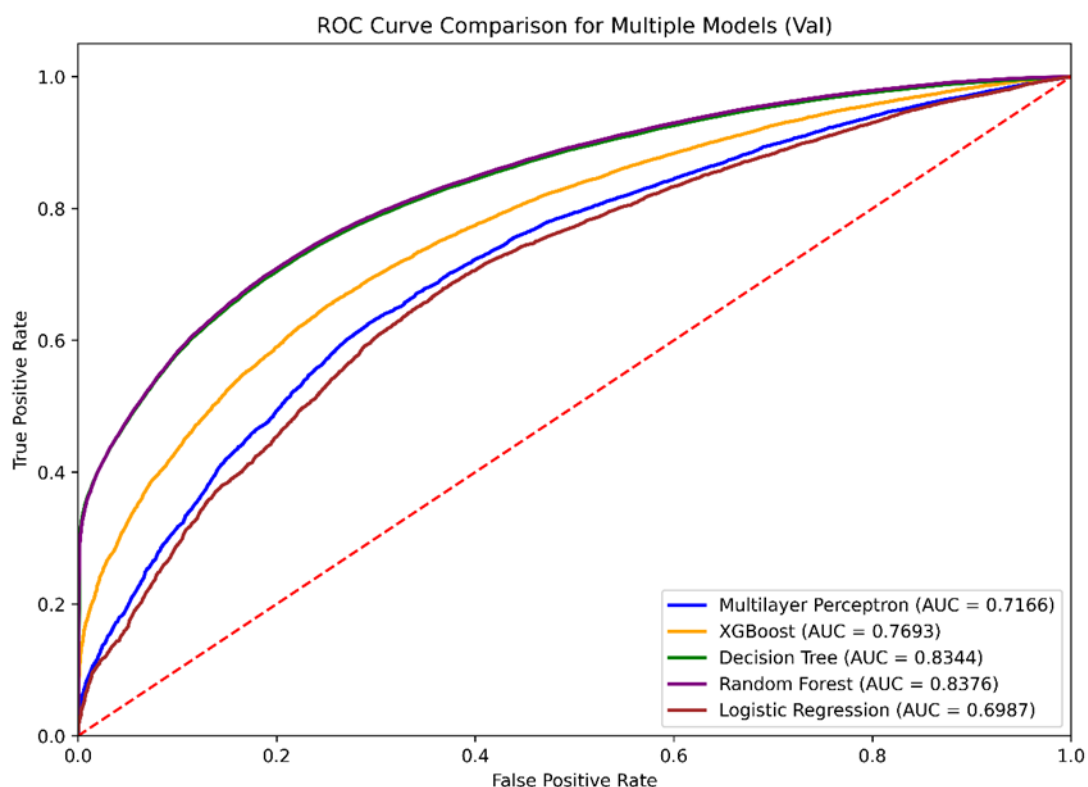
Variabel lain seperti jenis tuberkulosis, penyakit komorbid, dan bentuk OAT (Obat Anti Tuberkulosis) juga menunjukkan kontribusi terhadap keberhasilan terapi meskipun dalam derajat yang lebih kecil. Pasien dengan TB paru, tanpa komorbid, dan yang menggunakan bukan kombinasi dosis tetap (KDT) cenderung memiliki peluang keberhasilan lebih baik. Tetapi hal ini perlu dicermati karena penggunaan KDT merupakan bentuk obat pilihan utama dengan tujuan meningkatkan kepatuhan pasien minum obat, obat lepasan diberikan pada kasus tertentu misalnya tidak tersediannya KDT ataupun timbulnya keluhan/efek samping dari penggunaan KDT.

5.4 Pengembangan Model Prediksi ML

Tahap pengembangan model prediksi ini disesuaikan dengan bagian pengembangan model yang ada di kerangka konsep menggunakan lima jenis algoritma ML. Model prediksi akan dibangun berdasarkan hasil analisis data. Pemilihan algoritma disesuaikan dengan jenis data dan performa dari tiap algoritma. Data yang digunakan dibagi menjadi dua bagian besar, data training dan data testing. Pelatihan model menggunakan data training dan dilakukan optimalisasi hiperparameter untuk meningkatkan performa model. Hiperparameter tuning pada penelitian ini digunakan metode grid search, dengan parameter yang dioptimasi adalah $n_estimator$ dan ditentukan nilai [75, 100, 150]. Grid Search dilakukan dengan menerapkan metode cross validation dengan $k=5$. Metode cross validation digunakan untuk menjamin perhitungan kinerja model yang dihasilkan akurat dan menghindari overfitting. Validasi internal juga dilakukan dalam pengembangan model prediksi, teknik *k-fold validation* (komposisi 80:20) digunakan untuk memastikan model yang didapat mampu digeneralisasi baik pada penggunaan data baru.

5.4.1 Model Prediksi ML

Penelitian ini akan menerapkan berbagai algoritma ML untuk memprediksi keberhasilan atau kegagalan pengobatan TB pada populasi usia produktif di Indonesia. Model yang digunakan mencakup *Logistic Regression*, *Random Forest* (RF), *Decision Tree*, *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost), dan *Multi-Layer Perceptron* (MLP). Model dikembangkan berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan diuji menggunakan metode evaluasi yang mencakup metrik *accuracy*, *sensitivity*, *specificity*, *F1-score*, *area under the curve* (AUC), *precision*, dan *recall*.



Gambar 5.5. Metrik AUC (*Area Under Curve*) *Logistic Regression*, *Random Forest* (RF), *Decision Tree*, *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost)

Setiap model dilatih menggunakan dataset yang telah dikategorikan berdasarkan keberhasilan dan kegagalan pengobatan TB. Model kemudian diuji dengan data uji untuk mengevaluasi performanya dalam mengklasifikasikan pasien berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhi hasil pengobatan.

Pada tahap evaluasi model, performa masing-masing algoritma dibandingkan untuk menentukan model dengan tingkat akurasi terbaik dalam memprediksi keberhasilan

pengobatan TB. Model *Random Forest* dan *Decision Tree* menunjukkan performa tertinggi dengan akurasi masing-masing 75.45% dan 75.23%, sedangkan model dengan performa akurasi terendah adalah *Logistic Regression* (65.71%) dan MLP (66.37%).

Hasil analisis menunjukkan bahwa model *Logistic Regression* memiliki akurasi sebesar 65.71% dengan nilai AUC sebesar 0.6987, yang mengindikasikan kemampuan model dalam membedakan pasien yang berhasil dan gagal dalam pengobatan tuberkulosis masih berada dalam kategori moderat. Meskipun performanya lebih rendah dibandingkan model berbasis pohon keputusan seperti *Random Forest* (akurasi 75.45%) dan *Decision Tree* (akurasi 75.23%), *Logistic Regression* tetap memiliki keunggulan dalam interpretabilitas, yang sering digunakan dalam analisis statistik konvensional untuk memahami faktor-faktor yang berkontribusi terhadap keberhasilan pengobatan.

Selain itu, model *Logistic Regression* menunjukkan nilai *F1-score* sebesar 0.65, precision sebesar 0.65, dan recall sebesar 0,66, yang menunjukkan keseimbangan antara prediksi keberhasilan dan kegagalan pengobatan. Dengan demikian, meskipun model ini bukan yang paling akurat dalam prediksi keberhasilan pengobatan TB, model ini tetap relevan karena memberikan wawasan mengenai variabel-variabel prediktif utama yang dapat digunakan dalam pendekatan klinis dan kebijakan kesehatan masyarakat.

Pada tahap evaluasi model, dilakukan analisis confusion matrix untuk memahami jumlah prediksi yang benar dan salah. Dari hasil evaluasi model pasien yang berhasil sembuh dan diprediksi benar sebagai berhasil (True Positive - TP), sementara pasien yang sebenarnya gagal tetapi salah diprediksi sebagai berhasil (False Positive - FP). Sebaliknya, pasien yang sebenarnya berhasil tetapi salah diklasifikasikan sebagai gagal (False Negative - FN), dan pasien yang gagal diprediksi dengan benar sebagai gagal (True Negative - TN). Berdasarkan hasil evaluasi awal ini, dilakukan perbandingan performa antar model untuk menentukan algoritma yang paling efektif dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB.

5.4.2 Uji Performa Model (performa algoritma tabel gabungan)

Setelah model dikembangkan, dilakukan evaluasi performa masing-masing algoritma menggunakan berbagai metrik evaluasi, yaitu *accuracy*, *sensitivity*, *specificity*, *F1-score*, AUC, *precision*, dan *recall*.

Tabel 5.4. Tabel performa algoritma

Model	Performa model						
	<i>Accuracy</i>	<i>Sensitivity</i>	<i>Specificity</i>	<i>F1 score</i>	<i>AUC</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>
<i>Logistic Regression</i>	65.71	66.28	64.51	65.61	69.87	64.96	66.28
<i>Random Forest</i>	75.45	80.47	79.85	74.25	83.76	77.77	80.47
<i>Decision Tree</i>	75.23	80.11	80.01	73.88	83.44	77.82	80.11
<i>XGB</i>	70.05	66.49	73.58	68.87	76.93	71.42	66.49
<i>MLP</i>	66.37	65.63	67.11	66.04	71.66	66.45	65.63

Keterangan: hasil dalam persen (%)

Dari hasil uji performa, *Random Forest* (RF) dan *Decision Tree* (DT) menunjukkan performa terbaik dibandingkan model lainnya. *Random Forest* memiliki akurasi tertinggi sebesar 75.45%, diikuti oleh *Decision Tree* dengan akurasi 75.23%. Model *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) memiliki akurasi menengah sebesar 70.05%, sementara *Logistic Regression* (65.71%) dan *MLP* (66.37%) menunjukkan performa terendah.

Dalam metrik *Area Under the Curve* (AUC) yang mengukur kemampuan model dalam membedakan antara pasien yang berhasil dan gagal, *Random Forest* memiliki AUC tertinggi sebesar 83.76%, diikuti oleh *Decision Tree* (83.44%) dan XGBoost (76.93%). Model dengan nilai AUC terendah adalah *Logistic Regression* (69.87%), menunjukkan bahwa model regresi kurang efektif dalam membedakan kedua kategori hasil pengobatan TB.

Dari segi sensitivitas (*recall*) mengukur seberapa baik model dalam mendeteksi pasien yang berhasil sembuh, model *Random Forest* (80.47%) dan *Decision Tree* (80.11%) kembali unggul dibandingkan model lainnya. Ini menunjukkan bahwa kedua model tersebut lebih andal dalam mengidentifikasi pasien dengan kemungkinan keberhasilan pengobatan yang tinggi.

Spesitivitas mengukur kemampuan model dalam mengidentifikasi pasien yang gagal dalam pengobatan, model DT memiliki nilai tertinggi sebesar 80.01%, diikuti oleh RF (79.85%). Spesitivitas yang tinggi berarti model ini lebih akurat dalam mendeteksi pasien yang kemungkinan besar mengalami kegagalan terapi.

Dalam *F1-score*, yang mengukur keseimbangan antara *precision* dan *recall*, *Random Forest* (74.25%) dan *Decision Tree* (73.88%) kembali menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan model lainnya, sementara *Logistic Regression* memiliki *F1-score* terendah sebesar 65.61%.

Secara keseluruhan, model *Random Forest* dan *Decision Tree* memiliki keseimbangan yang lebih baik dalam akurasi, *sensitivity*, *specificity*, dan AUC, menjadikannya pilihan terbaik dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB. Kedua model ini mampu mengklasifikasikan pasien dengan lebih akurat dibandingkan model berbasis regresi maupun jaringan saraf tiruan seperti MLP.

Berdasarkan paparan hasil di atas penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan berbasis ensemble learning (*Random Forest* dan *Decision Tree*) lebih efektif dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB dibandingkan dengan metode lain. Hasil ini dapat menjadi dasar dalam penerapan sistem prediksi berbasis kecerdasan buatan di fasilitas layanan kesehatan, sehingga memungkinkan deteksi dini terhadap pasien dengan risiko kegagalan pengobatan yang lebih tinggi dan membantu dalam pengambilan keputusan klinis yang lebih optimal.

Tabel 5.5. Tabel Hasil Validasi Internal Kinerja Model Pembelajaran Mesin

Model	Akurasi (%)		Sensitivitas (%)		Spesifisitas (%)		AUC-ROC (%)	
	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts	Tr	Ts
<i>Logistic regresi</i>	65.37	65.71	66.27	66.28	64.46	64.51	69.85	69.87
RF	75.88	75.45	80.87	80.47	80.29	79.85	84.45	83.76
DT	75.88	75.23	80.38	80.11	80.54	80.10	84.47	83.44
MLP	66.37	66.37	65.66	65.63	67.09	67.11	71.57	71.66
XG boost	70.39	70.05	66.80	66.49	74.00	73.58	77.26	76.93

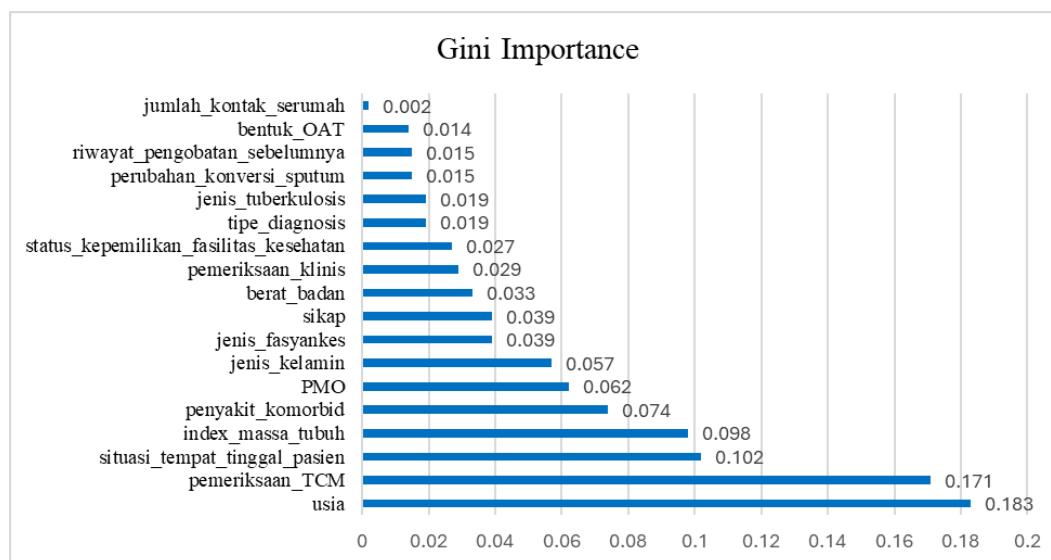
Keterangan: TR = *Data training*; TS = *Data Testing*

Berdasarkan hasil tabel performa algoritma di atas maka algoritma random forest merupakan model terbaik dan akan digunakan dalam pengembangan aplikasi pada tahap akhir. Metode *Gini Important Score* serta metode SHAP dilakukan untuk mendapatkan nilai kemaknaan dari tiap variabel independent yang digunakan, dan menjadi variabel penting dalam pembuatan aplikasi.

a. *Feature Importance based on Gini Importance*

Feature Importance berdasarkan ***Gini Importance*** memberikan gambaran tentang variabel-variabel yang paling berkontribusi dalam menentukan keberhasilan pengobatan

tuberkulosis berdasarkan model berbasis pohon keputusan. Metode ini mengukur kepentingan fitur berdasarkan seberapa besar pengurangan impuritas (ketidakteraturan) dalam DT ketika suatu fitur digunakan untuk pemisahan data.



Gambar 5.6. Hasil *Feature Importance* based on *Gini Importance*

Berdasarkan gambar hasil *Gini Importance*, variabel umur memiliki kontribusi tertinggi dengan nilai 0,183, diikuti oleh hasil *Xpert* (0,171), kepadatan penduduk (0,102), dan indeks massa tubuh (0,098). Hal ini menunjukkan bahwa usia pasien dan hasil pemeriksaan *Xpert* MTB/RIF merupakan indikator utama dalam menentukan keberhasilan terapi. Selain itu, kepadatan penduduk juga berpengaruh, mengindikasikan bahwa lingkungan tempat tinggal pasien mungkin berdampak pada efektivitas pengobatan.

Tabel 5.6. Tabel hasil *Feature Importance* based on *Gini Importance*

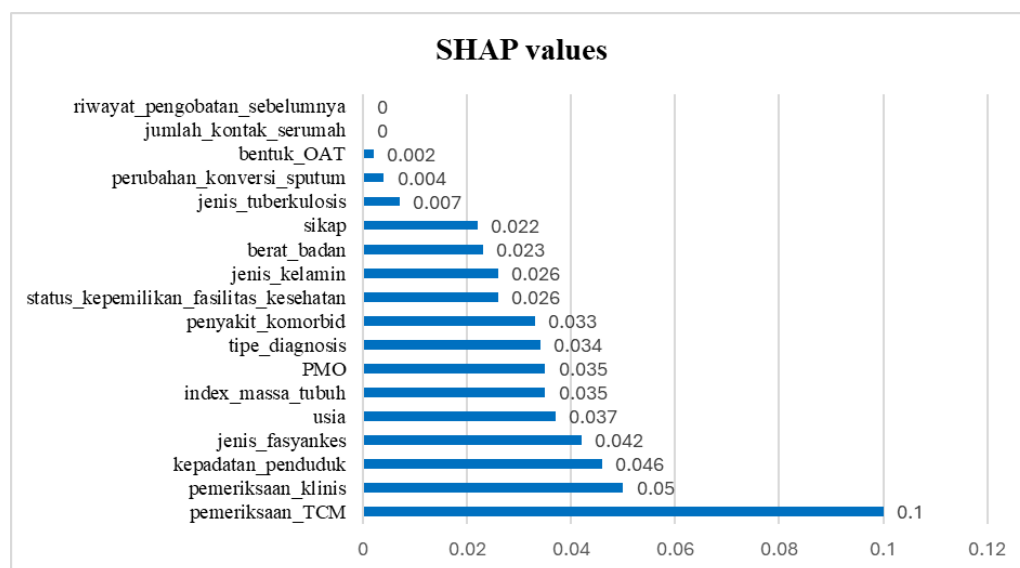
<i>Index</i>	<i>Feature</i>	<i>Gini Importance</i>
1	Umur	0.183
7	Pemeriksaan TCM	0.171
6	Situasi tempat tinggal	0.102
4	Index_massa_tubuh	0.098
15	Penyakit komorbid	0.074
17	Pmo	0.062
2	Jenis kelamin	0.057
11	Jenis fasyankes	0.039
5	Sikap	0.039
3	Berat badan	0.033
8	Pemeriksaan_klinis	0.029
12	Status kepemilikan fasyankes	0.027
9	Tipe diagnosis	0.019
14	Jenis tuberkulosis	0.019

<i>Index</i>	<i>Feature</i>	<i>Gini Importance</i>
10	Perubahan konversi sputum	0.015
13	Riwayat pengobatan sebelumnya	0.015
16	Bentuk OAT	0.014
0	Jumlah kontak serumah	0.002

Sementara itu, dalam tabel hasil *Gini Importance*, pola serupa terlihat dengan beberapa variabel tambahan yang juga berperan, meskipun dengan tingkat pengaruh yang lebih kecil. Faktor-faktor seperti riwayat diabetes, status merokok, dan jenis kelamin memiliki nilai Gini yang lebih rendah tetapi tetap berkontribusi terhadap model. Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa faktor demografi, kondisi kesehatan, dan lingkungan hidup memainkan peran penting dalam keberhasilan pengobatan TB.

b. Feature Importance based on SHAP

Feature Importance berdasarkan SHAP (*SHapley Additive exPlanations*) memberikan wawasan lebih mendalam mengenai kontribusi setiap fitur terhadap keputusan model secara individual. Metode ini mengukur dampak masing-masing variabel terhadap prediksi dengan cara membandingkan output model dengan dan tanpa fitur tertentu.



Gambar 5.7. Hasil *Feature Importance based on SHAP*

Dari gambar hasil SHAP values, variabel dengan pengaruh terbesar adalah hasil *Xpert* (0,1), yang menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan *Xpert* MTB/RIF sangat menentukan apakah pasien akan berhasil dalam pengobatan TB atau tidak. Variabel lain yang cukup berpengaruh adalah pemeriksaan klinis (0,05), kepadatan penduduk (0,046),

dan jenis fasyankes (0,042). Hal ini menandakan bahwa faktor pemeriksaan medis dan jenis fasilitas layanan kesehatan yang digunakan pasien turut berkontribusi dalam menentukan keberhasilan terapi TB.

Tabel 5.7. Hasil *Feature Importance based on SHAP*

Index	Feature	SHAP values
7	Pemeriksaan TCM	0.1
8	Pemeriksaan klinis	0.05
6	Situasi tempat tinggal	0.046
11	Jenis fasyankes	0.042
1	Umur	0.037
4	Index massa tubuh	0.035
17	PMO	0.035
9	Tipe diagnosis	0.034
15	Penyakit komorbid	0.033
12	Status kepemilikan fasyankes	0.026
2	Jenis kelamin	0.026
3	Berat badan	0.023
5	Sikap	0.022
14	Jenis Tuberkulosis	0.007
10	Perubahan konversi sputum	0.004
16	Bentuk OAT	0.002
0	Jumlah kontak serumah	0
13	Riwayat pengobatan sebelumnya	0

Dalam tabel hasil SHAP values, urutan variabel tetap konsisten dengan hasil gambar, tetapi terdapat detail tambahan mengenai variabel-variabel dengan pengaruh lebih kecil. Variabel seperti status pekerjaan, jenis kelamin, dan kepemilikan jaminan kesehatan masih memiliki nilai SHAP positif, yang berarti tetap berkontribusi terhadap model meskipun dalam skala yang lebih rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa selain faktor klinis, aspek sosial dan ekonomi pasien juga dapat memengaruhi kemungkinan keberhasilan pengobatan TB.

5.5 Diskusi Panel Para Ahli

Diskusi panel para ahli merupakan tahap ke-3 pada penelitian ini, dilakukan *Delphi Method* untuk mendapatkan kesepakatan dari hasil uji coba performa model yang telah dibuat pada tahap ke-2. Para ahli yang terlibat dalam tahap ini meliputi tenaga kesehatan dan non kesehatan. Tenaga kesehatan meliputi dokter spesialis paru, dokter spesialis farmakologi klinik, dokter umum, ahli epidemiologi, penanggung jawab program TB dan tenaga administrasi SITB (tim SITB Dinas Kesehatan Kabupaten Bogor) di layanan kesehatan primer. Tenaga kesehatan meliputi tenaga ahli teknik informatika.

Hasil dari kesepakatan yang dilakukan oleh para ahli atau panel expert selanjutnya akan dilakukan perbaikan model.

5.5.1 Konsensus Model Pembelajaran Mesin

Informan Penelitian terbagi atas tenaga ahli kesehatan dan non kesehatan yaitu ahli informasi dan teknologi berbasis pembelajaran mesin. Pada tahap ke-1 *delphi method* para ahli melakukan pengisian kuesioner secara daring melalui *google form*. Berikut link yang digunakan untuk tenaga kesehatan dan non tenaga kesehatan: https://docs.google.com/forms/d/1hvuGJ2xTQaXWUYDLPXvI_aFsijBgcehooCaV1TzTq4/edit dan https://docs.google.com/forms/d/1FN0cTidD5Gg-NiX0wXpC7QZ8Hvl0Lt4O3TRpfNxPf_s/edit. Kuesioner yang dikirimkan sudah mendapat persetujuan dari Dewan Kaji Etik FKM UI. Kuesioner untuk tenaga kesehatan terdiri dari 3 bagian 4 pertanyaan, bagian 1 pertanyaan faktor penting yang memengaruhi keberhasilan pengobatan diberikan skala 1-5 untuk tiap pertanyaan, skala 1 = Tidak penting, 2 = kurang penting, 3= netral, 4= penting, 5= sangat penting. Bagian kedua terdiri dari 2 pertanyaan meliputi pendapat penggunaan teknologi untuk prediksi keberhasilan pengobatan dengan pilihan a= sangat tidak setuju, b= tidak setuju, c= netral, d= setuju, e= sangat setuju. Pertanyaan kedua tentang faktor kegagalan pengobatan dengan skala 1= sangat tidak relevan, 2= tidak relevan, 3= netral, 4= relevan, 5 = sangat relevan. Bagian ketiga pertanyaan merupakan pertanyaan terbuka untuk mengetahui pendapat keterlibatan teknologi pembelajaran mesin dalam pengolahan data TB.

Kuesioner untuk tenaga non kesehatan tahap 1 diberikan hasil olah data SITB, data pengembangan model prediksi serta kuesioner untuk diisi terdiri dari 4 bagian, bagian pertama pemilihan variabel untuk prediksi keberhasilan pengobatan dengan skala 1= sangat tidak relevan, 2= tidak relevan, 3=netral, 4=relevan , 5 = sangat relevan. Bagian kedua tentang algoritma pembelajaran mesin terdiri dari 4 pertanyaan, 2 pertanyaan tertutup dan 2 pertanyaan terbuka. Pertanyaan tertutup pertama tentang jenis algoritma yang paling cocok dengan pilihan a= log reg, b= DT, c= RF, d=XGB, e= MLP. Pertanyaan kedua tentang nilai presentase prediksi dapat diterima $\geq 70\%$ dengan pilihan 1. Ya 2 tidak. Bagian pertanyaan ketiga tentang evaluasi kinerja model , pertanyaan tentang metrik paling penting dari model dengan skala 1= tidak penting, 2=kurang penting, 3=netral, 4= penting, 5= sangat penting. Pertanyaan kedua dari bagian ketiga tentang

penanganan ketidakseimbangan data dengan pilihan jawaban a. oversampling, b. undersampling, c. synthetic data generation, d. weight loss function, e. ensemble method, f. lainnya (dilengkapi dengan isinya terbuka). Bagian keempat kuesioner berisi 4 pertanyaan terbuka tentang tantangan dan pertimbangan teknis dalam membangun model prediksi.

Hasil dari jawaban tahap 1 akan dilakukan kesepakatan bersama melalui *zoom meeting* pada tahap kedua. Sebanyak 14 kuesioner dikirimkan ke responden secara *online* menggunakan *google form*, dengan 11 orang tenaga kesehatan dan 3 orang tenaga ahli non kesehatan. Hasil konsensus pada tenaga kesehatan tahap 1 dari 11 responden tenaga kesehatan yang dikirimkan secara online hanya 8 responden atau 73% yang mengirimkan jawabannya. Pada tenaga non kesehatan dari 3 responden seluruhnya mengirimkan jawaban atau 100% melalui *google form*.

Kuesioner ini perlu disubmit kembali ke peneliti sebelum pelaksanaan diskusi panel tahap kedua. Hasil pengembangan model prediksi ML dan hasil kuesioner tahap 1 metode Delphi dipaparkan pada saat pelaksanaan tahap 2 (diskusi panel ahli) dan menjadi bahan diskusi.

Hasil Konsensus Nakes tahap 1

Tabel 5.8. Hasil Konsensus Tenaga Kesehatan Tahap 1 Bagian 1

Variabel	Rk1	Rk2	Rk3	Rk4	Rk5	Rk6	Rk7	Rk8	Rerata
Usia pasien	4	4	4	4	3	2	3	4	3.50
Jenis kelamin pasien	4	1	3	4	3	2	3	4	3.00
Berat badan pasien	4	4	4	4	4	3	5	4	4.00
Indeks massa tubuh	4	4	3	4	4	3	4	4	3.75
Sikap pasien terhadap pengobatan	4	5	4	5	5	5	5	5	4.75
Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM)	4	5	4	5	5	5	5	5	4.75
Pemeriksaan klinis oleh dokter	4	5	4	5	5	4	4	5	4.50
Tipe diagnosis (baru/kambuh)	4	4	4	4	5	5	4	5	4.37
Perubahan konversi sputum setelah pengobatan 2 bulan	4	4	4	5	5	5	5	5	4.60
Status kepemilikan fasilitas kesehatan (pemerintah/swasta)	4	4	4	4	2	3	4	3	3.50
Jenis tuberkulosis (paru/ekstra paru)	4	4	4	4	3	3	3	5	3.75
Bentuk obat anti TB (OAT) yang diberikan	4	3	4	5	5	4	4	4	4.10

Variabel	Rk1	Rk2	Rk3	Rk4	Rk5	Rk6	Rk7	Rk8	Rerata
Riwayat pengobatan TB sebelumnya	4	4	4	5	5	4	5	5	4.50
Jumlah kontak serumah	4	5	4	5	3	4	3	5	4.12
Jenis fasilitas kesehatan (puskesmas/klinik/RS)	4	4	4	5	4	3	4	4	4.00
Penyakit komorbid (contoh: diabetes, HIV)	4	5	4	5	5	4	5	5	4.62
Pengawas Menelan Obat (PMO)	4	4	4	5	5	5	4	5	4.50
Situasi tempat tinggal (kepadatan)	4	4	4	5	5	4	3	5	4.25

Keterangan skala : 1 = Tidak penting, 2 = kurang penting, 3= netral, 4= penting, 5= sangat penting

Hasil penilaian menunjukkan bahwa hampir semua variabel memiliki tingkat kepentingan yang tinggi dalam keberhasilan pengobatan TB, dengan sebagian besar responden memberikan skor 4 (penting) dan 5 (sangat penting). Faktor-faktor yang paling banyak dianggap sangat penting adalah pemeriksaan klinis oleh dokter, perubahan konversi sputum, sikap pasien terhadap pengobatan, serta pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM).

Beberapa faktor seperti jenis kelamin pasien dan usia pasien memiliki sedikit lebih banyak variasi dalam penilaian, dengan beberapa responden menilai faktor tersebut sebagai netral atau kurang penting. Namun, secara keseluruhan, faktor klinis, kepatuhan pasien, riwayat pengobatan, serta dukungan fasilitas kesehatan dianggap sebagai elemen utama dalam menentukan keberhasilan terapi TB.

Bagian 2: Penggunaan Teknologi untuk Prediksi Keberhasilan Pengobatan

Tabel 5.9. Hasil Konsensus Tenaga Kesehatan Tahap 1 Bagian 2

Rk1	Rk2	Rk3	Rk4	Rk5	Rk6	Rk7	Rk8
D	C	E	D	D	D	D	E

Keterangan: pilihan a= sangat tidak setuju, b= tidak setuju, c= netral, d= setuju, e= sangat setuju

Berdasarkan hasil survei pada Bagian 2 mengenai penggunaan teknologi untuk prediksi keberhasilan pengobatan TB, mayoritas responden (Rk1, Rk3, Rk4, Rk5, Rk6, dan Rk7) memilih opsi "D" (Setuju), sementara satu responden (Rk2) memilih opsi "C" (Netral). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden mendukung pemanfaatan teknologi seperti komputer atau pembelajaran mesin dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB. Dukungan ini mengindikasikan bahwa teknologi dianggap berperan

penting dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem kesehatan, khususnya dalam pengelolaan dan evaluasi pengobatan TB.

Bagian 3: Faktor yang paling sering gagal dalam pengobatan TB

Tabel 5.10. Hasil Konsensus Tenaga Kesehatan Tahap 1 Bagian 3

Faktor	Rk1	Rk2	Rk3	Rk4	Rk5	Rk6	Rk7	Rk8	Rerata
Kepatuhan pasien	4	5	5	5	4	5	4	5	4.62
Diagnosis terlambat atau tidak tepat	4	3	5	4	5	4	3	5	4.12
Resistensi obat	4	4	5	5	4	4	4	5	4.37
Komorbidity (kondisi kesehatan lain)	4	5	5	5	4	4	4	5	4.50
Efek samping obat	4	4	4	5	5	4	3	5	4.87
Pengelolaan program pengobatan yang buruk	4	2	5	5	5	4	4	5	4.25
Faktor sosial ekonomi	4	2	4	4	5	4	4	4	3.87
Usia	4	3	4	4	3	2	3	4	3.62
Lainnya	3	4	4	4	5	3	3	3	3.62

Keterangan skala 1=Sangat tidak relevan, 2=Tidak relevan, 3= Netral, 4= Relevan, 5= Sangat relevan

Dari hasil survei, faktor yang paling sering menyebabkan kegagalan pengobatan TB adalah komorbidity atau kondisi kesehatan lain dengan skor total tertinggi (39). Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan penyakit lain yang menyertai pasien TB dapat memperumit pengobatan dan menurunkan efektivitas terapi. Faktor kedua yang paling berpengaruh adalah kepatuhan pasien (38), yang tetap menjadi elemen kunci dalam keberhasilan terapi. Ketidakpatuhan pasien dalam menjalani pengobatan dapat meningkatkan risiko kegagalan terapi dan resistensi obat.

Selain itu, resistensi obat (35) dan efek samping obat (34) juga menjadi hambatan yang signifikan dalam pengobatan TB. Resistensi obat dapat terjadi akibat penggunaan obat yang tidak sesuai atau tidak tuntas, sedangkan efek samping terapi dapat menyebabkan pasien menghentikan pengobatan sebelum waktunya. Pengelolaan program pengobatan yang buruk (33) juga berkontribusi terhadap kegagalan terapi, menegaskan pentingnya sistem kesehatan yang baik dalam mendukung pasien TB.

Sementara itu, faktor dengan skor total terendah adalah faktor sosial ekonomi dan kategori lainnya (29), diikuti oleh usia pasien (30). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun aspek sosial ekonomi dan usia dapat memengaruhi keberhasilan pengobatan, faktor-faktor medis seperti komorbiditas, kepatuhan pasien, dan resistensi obat memiliki dampak yang lebih besar.

Bagian 4: Faktor paling sering menyebabkan kegagalan pengobatan TB

Tabel 5.11. Hasil Konsensus Tenaga Kesehatan Tahap 1 Bagian 4

Rk1	-
Rk2	Dukungan Keluarga
Rk3	Tim Support
Rk4	Dukungan keluarga, Jarak rumah dengan fasyankes
Rk5	Faktor host, faktor mikroorganisme, Faktor Gen
Rk6	Ketepatan Dosis Obat
Rk7	Pengetahuan pasien terhadap penyakit Tb
Rk8	Sudah di atas

Dari hasil survei menunjukkan bahwa beberapa responden menyatakan faktor yang paling sering menyebabkan kegagalan pengobatan TB adalah tidak adanya dukungan keluarga, selain itu faktor dari keturunan serta jarak antara rumah menuju ke fasyankes, selain itu pengetahuan pasien terhadap penyakit TB serta ketepatan dosis obat menyebabkan kegagalan pengobatan TB.

Bagian 5: Penting untuk melibatkan teknologi pembelajaran mesin dalam pengelolaan data TB di fasilitas Anda?

Tabel 5.12. Hasil Konsensus Tenaga Kesehatan Tahap 1 Bagian 5

Rk1	Boleh, untuk memudahkan deteksi dini
Rk2	Perlu penjabaran lebih lanjut
Rk3	Boleh, untuk mendapat standar informasi
Rk4	Penting, untuk antisipasi hal-hal dalam ketidakberhasilan pengobatan
Rk5	Lumayan penting, jika tersedia SDM
Rk6	Penting, harus mudah di gunakan oleh dokter umum
Rk7	Penting, untuk memantau dan mencatat proses pengobatan pasien TB.
Rk8	Semakin besar data yg digunakan tentu semakin dekat dengan kebenaran

Berdasarkan tanggapan responden, mayoritas setuju bahwa melibatkan teknologi pembelajaran mesin dalam pengelolaan data TB di fasilitas kesehatan memiliki manfaat signifikan. Beberapa responden menekankan pentingnya teknologi ini untuk deteksi dini, standarisasi informasi, antisipasi kegagalan pengobatan, dan pemantauan proses terapi pasien TB. Namun, terdapat catatan bahwa implementasi teknologi harus mudah digunakan oleh dokter umum dan memerlukan dukungan sumber daya manusia (SDM) yang memadai. Satu responden menyatakan perlunya penjelasan lebih lanjut sebelum penerapan teknologi tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun teknologi dianggap bermanfaat, keberhasilannya bergantung pada kemudahan penggunaan dan ketersediaan SDM.

Hasil Konsensus Non-Nakes tahap 1

Tabel 5.13. Hasil Konsensus Tenaga Non Kesehatan Tahap 1 Bagian 1

Variabel	RT1	RT2	RT5	Rerata
Usia pasien	5	4	5	4.60
Jenis kelamin pasien	2	5	3	3.33
Berat badan pasien	3	5	4	4.00
Indeks massa tubuh	4	5	4	4.33
Sikap pasien terhadap pengobatan	3	5	5	4.33
Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM)	3	5	5	4.33
Pemeriksaan klinis oleh dokter	4	5	5	4.66
Tipe diagnosis (baru/kambuh)	4	4	5	4.33
Perubahan konversi sputum setelah pengobatan 2 bulan	2	5	4	3.66
Status kepemilikan fasilitas kesehatan (pemerintah/swasta)	4	3	4	3.66
Jenis tuberkulosis (paru/ekstra paru)	3	4	4	3.66
Bentuk obat anti TB (OAT) yang diberikan	3	3	4	3.33
Riwayat pengobatan TB sebelumnya	2	5	4	3.66
Jumlah kontak serumah	5	3	3	3.66
Jenis fasilitas kesehatan (puskesmas/klinik/RS)	4	3	3	3.33
Penyakit komorbid (contoh: diabetes, HIV)	4	5	4	4.33
Pengawas Menelan Obat (PMO)	3	4	4	3.66
Situasi tempat tinggal (kepadatan)	5	4	5	4.66

Keterangan skala 1= Sangat tidak relevan, 2= Tidak relevan, 3= Netral, 4= Relevan, 5= Sangat relevan

Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa faktor yang paling berpengaruh dalam keberhasilan pengobatan TB adalah akses terhadap fasilitas kesehatan, pemeriksaan diagnostik yang cepat dan akurat, keberadaan penyakit penyerta, serta adanya pengawas dalam konsumsi obat (PMO). Sebaliknya, faktor seperti jenis kelamin,

indeks massa tubuh, dan lokasi tempat tinggal memiliki relevansi yang lebih rendah. Oleh karena itu, strategi intervensi harus lebih difokuskan pada peningkatan akses layanan kesehatan, edukasi pasien terkait penyakit penyerta, serta penguatan sistem pemantauan konsumsi obat untuk meningkatkan keberhasilan terapi TB.

Tabel 5.14. Hasil Konsensus Tenaga Non Kesehatan Tahap 1 Bagian 2

Variabel	RT1	RT2	RT3
Mesin yg cocok untuk membangun model prediksi keberhasilan pengobatan TB?	b. Decision Trees c. Random Forest	a. Logistic Regression b. Decision Trees d. XG Boost	b. Decision Trees c. Random Forest d. XG Boost

Berdasarkan hasil jawaban dari RT1, RT2, dan RT3, algoritma yang paling banyak dipilih untuk membangun model prediksi keberhasilan pengobatan TB adalah *Decision Trees* dan *Random Forest*, yang dipilih oleh semua responden. Hal ini menunjukkan bahwa metode berbasis pohon keputusan dianggap relevan dan efektif dalam menangani data kesehatan yang kompleks. Selain itu, *XGBoost* juga dipilih oleh RT2 dan RT3, menandakan bahwa algoritma ini memiliki potensi dalam meningkatkan akurasi prediksi. Sementara itu, *Logistic Regression* hanya dipilih oleh RT2, yang menunjukkan bahwa meskipun masih dianggap relevan, algoritma ini mungkin kurang unggul dibandingkan metode berbasis pohon keputusan dalam menangani data yang lebih kompleks. Secara keseluruhan, pendekatan berbasis *Decision Trees*, *Random Forest*, dan *XGBoost* lebih diunggulkan dalam prediksi keberhasilan pengobatan TB dibandingkan metode regresi logistik.

Tabel 5.15. Hasil Konsensus Tenaga Non Kesehatan Tahap 1 Bagian 3

Variabel	RT1	RT2	RT3
Nilai persentase prediksi keberhasilan pengobatan $\geq 70\%$ dapat diterima sebagai nilai ambang batas untuk label keberhasilan	Ya	Ya	Ya
Anda, apakah variabel yang ada sudah cukup representatif untuk membangun model prediktif yang kuat? Jika tidak, variabel tambahan apa yang Anda rekomendasikan	iya sudah cukup representatif	Perlu ditambahkan: follow up test (bulan 2, 5, AP untuk TB SO)	Tidak bisa ditentukan
Seberapa penting penggunaan feature engineering (misalnya pembuatan variabel baru, pengubahan skala, encoding)	penting digunakan untuk meningkatkan performa model dengan memanfaatkan informasi yang	Sangat penting untuk meningkatkan akurasi model, mengurangi dimensionalitas (hanya memilih fitur	Feature Engineering sangat diperlukan pada

Variabel	RT1	RT2	RT3
dalam konteks data TB di Indonesia?	relevan dari data. Dapat dilakukan dengan melakukan penciptaan fitur baru dengan menemukan kombinasi terbaik untuk dataset dan membuat data lebih informatif. Transformasi log contoh : berat badan, tinggi badan, kepadatan penduduk agar mengurangi dampak outlier: Skalasi Fitur : melakukan standarisasi contoh berat badan, tinggi badan, indeks masa tubuh membuat distribusi lebih seragam Encoding Variabel Kategori contoh pada lokasi penyakit	yang relevan), serta untuk membantu pengguna model dengan memudahkan interpretasi dengan fitur yang intuitif.	pengembangan model ML.

Evaluasi Kinerja Model

Tabel 5.16. Hasil Konsensus Tenaga Non Kesehatan Tahap 1 Bagian 4

Kriteria	RT1	RT2	RT3	Rerata
Akurasi	5	5	1	3.66
Sensitivitas (Recall)	5	4	4	4.33
Spesifisitas	5	4	4	4.33
Presisi	5	4	4	4.33
F1 Score	5	4	4	4.33
AUC-ROC	5	3	4	4.00
Log Loss	5	3	3	3.66
Precision-Recall AUC	5	3	4	4.00
Lainnya (sebutkan)	4	3	3	3.33

Keterangan: skala 1= Tidak penting, 2=Kurang penting, 3=Netral, 4=Penting, 5= Sangat penting

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja model, akurasi, presisi, F1 skor, dan AUC-ROC memiliki skor tertinggi, dengan sebagian besar responden menilai faktor-faktor ini sebagai sangat penting (skor 5). Hal ini menunjukkan bahwa dalam membangun model prediksi keberhasilan pengobatan TB, ketepatan dalam mengklasifikasikan pasien dengan benar sangat diperhatikan.

Selain itu, sensitivitas (recall) dan spesifisitas juga dianggap penting oleh responden dengan skor mayoritas 4 dan 5, menandakan bahwa keseimbangan antara deteksi pasien positif TB dan menghindari kesalahan diagnosis juga merupakan faktor utama dalam menilai model.

Sebaliknya, akurasi mendapatkan skor terendah dari satu responden (RT3) yang hanya memberikan skor 1, menunjukkan adanya perbedaan perspektif terhadap signifikansi akurasi dibandingkan metrik lainnya. Kategori lainnya (sebutkan) juga memiliki skor yang bervariasi, mengindikasikan bahwa terdapat faktor tambahan yang mungkin dipertimbangkan dalam evaluasi model prediksi TB.

Secara keseluruhan, metrik berbasis ketepatan prediksi dan keseimbangan klasifikasi dianggap sebagai faktor paling krusial dalam menilai efektivitas model prediksi keberhasilan pengobatan TB.

Tabel 5.17. Hasil Konsensus Tenaga Non Kesehatan Tahap 1 Bagian 5

Variabel	RT1	RT2	RT3
Bagaimana Anda menyarankan menangani ketidakseimbangan data (misalnya keberhasilan pengobatan yang jauh lebih tinggi dibanding kegagalan)?	Synthetic Data Generation (SMOTE, ADASYN)	a. Oversampling, o b. Undersampling, o e. Ensemble Methods	Harus dipahami dulu baru ditentukan. Pilihan yang ada merepresentasikan metode yang ada
tantangan teknis terbesar yang Anda lihat dalam membangun model prediksi keberhasilan pengobatan TB dari data SITB	interpretability	Missing data, terutama data kepatuhan pengobatan yang umumnya tidak terdokumentasi dengan baik dan disiplin untuk Pasien TB SO.	Hal hal yang disampaikan masuk kategori preprocessing yang semuanya itu menentukan model yang dihasilkan
menurut Anda model prediksi ini bisa dioptimalkan untuk diterapkan di lapangan, terutama di daerah dengan sumber daya terbatas?	menggunakan koneksi internet dan cloud storage	Gunakan tool yang mampu membaca model secara mudah dengan seminimal mungkin kebutuhan pengetahuan teknis, misalnya dengan visualisasi, tabulasi, dsb	Disederhanakan menjadi metode skoring
pentingkah menurut Anda interpretabilitas model dalam konteks ini, mengingat pengguna utama sistem ini mungkin adalah tenaga kesehatan yang tidak memiliki latar belakang pembelajaran mesin	penting dapat memberikan pelatihan tenaga kesehatan untuk menggunakan sistem	Sangat penting, karena pengguna akhir model adalah para pemangku kepentingan yang hanya memerlukan penyajian data dan informasi dalam bentuk antar muka yang mudah dipahami. Jika model masih disajikan dalam bentuk penyajian yang masih memerlukan pemahaman	Intepretabilitas memudahkan hasil pengenalan pola yg dikerjakan algoritma dapat dipahami oleh manusia. Algoritma tertentu sudah memungkinkan untuk langsung diinterpretasikan

Variabel	RT1	RT2	RT3
		teknis, maka peluang terjadi multiinterpretasi akan besar. Atau jika model sulit dipahami, maka pengguna akhir (tenaga kesehatan) tidak akan menggunakannya.	seperti misalnya decision tree
Apakah ada metode interpretasi model (seperti SHAP, LIME, Feature Importance) yang Anda rekomendasikan dalam konteks ini?	Untuk evaluasi Feature Importance dapat menggunakan model SHAP, LIME	Mungkin lebih cocok dengan menggunakan LIME atau Feature Importance	Bisa dipilih salah satu.

Berdasarkan hasil analisis, pengembangan model prediksi keberhasilan pengobatan TB memerlukan beberapa pertimbangan utama. Teknik penanganan ketidakseimbangan data seperti SMOTE, ADASYN, dan metode *resampling* (*oversampling*, *undersampling*, serta *ensemble methods*) dianggap relevan untuk meningkatkan akurasi prediksi. Namun, pemilihan metode harus dilakukan dengan pemahaman yang mendalam agar sesuai dengan karakteristik data yang digunakan.

Interpretabilitas model menjadi aspek krusial karena hasil prediksi harus dapat dipahami oleh tenaga kesehatan dan pengambil keputusan. Pemanfaatan *Feature Importance*, SHAP, dan LIME direkomendasikan sebagai metode interpretasi yang memungkinkan transparansi dalam analisis hasil model. Selain itu, keterbatasan seperti missing data dan kebutuhan *preprocessing* yang tepat perlu diperhatikan agar model dapat memberikan prediksi yang lebih akurat dan dapat diterapkan dalam praktik klinis.

Dalam implementasi model, dukungan teknologi seperti koneksi internet dan cloud storage diperlukan untuk memastikan kelancaran akses dan pemrosesan data. Penggunaan model prediksi juga harus didukung dengan visualisasi yang jelas untuk meningkatkan pemahaman pengguna, terutama dalam proses pengambilan keputusan berbasis data. Dengan demikian, keberhasilan model prediksi pengobatan TB tidak hanya bergantung pada pemilihan algoritma terbaik tetapi juga pada validitas data, interpretabilitas hasil, dan kemudahan implementasi dalam sistem kesehatan.

Hasil Konsensus tahap 2

Tahap kedua para narasumber diundang dalam diskusi panel dengan menggunakan platform zoom untuk mencapai kata kesepakatan terkait dengan variabel

yang akan digunakan dalam model dan pembuatan aplikasi. Sebelum diskusi panel ahli, peneliti mempresentasikan hasil yang diperoleh dari kuesioner yang dibagikan ke tenaga kesehatan dan non kesehatan, selanjutnya beberapa pertanyaan diajukan ke para ahli untuk didiskusikan dan mencapai kata kesepakatan untuk variabel penting dalam pembuatan model prediksi keberhasilan pengobatan berdasarkan pengalaman klinis maupun lapangan dibandingkan fitur penting yang diperoleh dari ML.

Tabel 5.18. Hasil Konsensus tahap 2 Bagian 1 (n=14)

Variabel	Skala	N	%
Usia pasien adalah faktor penting untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB.	Sangat Setuju	14/14	100
Jenis kelamin pasien berpengaruh dalam prediksi keberhasilan pengobatan TB.	Setuju	11/14	78.57
Berat badan pasien harus diperhitungkan dalam model prediksi.	Setuju	12/14	85.71
Indeks massa tubuh harus diperhitungkan dalam model.	Setuju	12/14	85.71
Sikap pasien terhadap pengobatan memengaruhi prediksi keberhasilan.	Sangat Setuju	14/14	100
Situasi tempat tinggal (kepadatan) harus dimasukkan sebagai variabel.	Setuju	11/14	78.57
Jumlah kontak serumah harus dimasukkan sebagai variabel.	Setuju	12/14	85.71
Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM) merupakan prediktor yang signifikan.	Sangat Setuju	14/14	100
Pemeriksaan klinis secara langsung oleh dokter penting untuk prediksi keberhasilan.	Sangat Setuju	14/14	100
Tipe diagnosis (bakteriologis/secara klinis) harus dipertimbangkan dalam model prediksi.	Sangat Setuju	14/14	100
Perubahan konversi sputum setelah pengobatan 2 bulan (fase intensif) merupakan indikator keberhasilan pengobatan.	Sangat Setuju	14/14	100
Status kepemilikan fasilitas kesehatan (pemerintah/swasta) relevan dalam prediksi.	Setuju	12/14	85.71
Jenis tuberkulosis (paru/ekstra paru) merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan.	Sangat Setuju	14/14	100
Bentuk obat anti TB (OAT) yang diberikan harus dimasukkan ke dalam model.	Setuju	11/14	78.57
Riwayat pengobatan TB sebelumnya relevan dalam prediksi.	Setuju	10/14	71.43
Jenis fasilitas kesehatan (puskesmas/klinik/RS) berpengaruh dalam prediksi.	Setuju	12/14	85.71
Penyakit komorbid seperti (diabetes mellitus, HIV/AIDS) sangat penting dalam prediksi keberhasilan pengobatan.	Sangat Setuju	14/14	100

Variabel	Skala	N	%
Pengawas Menelan Obat (PMO) memainkan peran signifikan dalam keberhasilan pengobatan.	Sangat Setuju	14/14	100

Keterangan Skala : 1= Sangat tidak setuju (1-3), 2= Tidak setuju (4-6), 3= Netral (7-9), 4= Setuju (10-12), 5= Sangat setuju (13-14)

Berdasarkan hasil konsensus Nakes dan non-Nakes, terdapat beberapa faktor penting dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB menggunakan pembelajaran mesin. Faktor demografi seperti usia sangat berpengaruh, sedangkan jenis kelamin, berat badan, dan indeks massa tubuh pasien dianggap berpengaruh dalam menentukan keberhasilan terapi. Selain itu, faktor klinis seperti pemeriksaan klinis, riwayat pengobatan TB sebelumnya, jenis diagnosis, serta hasil pemeriksaan TCM, perubahan konversi sputum BTA bulan ke-2 juga menjadi elemen kunci dalam model prediksi.

Faktor sosial dan perilaku pasien, termasuk sikap terhadap pengobatan, kondisi tempat tinggal, serta jumlah kontak serumah, turut memengaruhi keberhasilan terapi. Dari sisi fasilitas kesehatan, status kepemilikan dan jenis layanan yang digunakan, seperti puskesmas, klinik, atau rumah sakit, juga dinilai berpengaruh. Bentuk obat anti-TB (OAT) serta adanya Pengawas Menelan Obat (PMO) menjadi aspek penting yang harus diperhitungkan. Hasil diskusi panel ahli juga memberikan saran tambahan yang perlu dipertimbangkan sebagai fitur penting dalam membangun model seperti tingkat ekonomi, jenis pekerjaan, stigma, efek samping obat.

Selain itu, penyakit penyerta seperti diabetes mellitus dan HIV/AIDS dapat memengaruhi keberhasilan pengobatan. Indikator lain yang dianggap signifikan adalah perubahan konversi sputum setelah dua bulan fase intensif. Meskipun tenaga kesehatan mengakui relevansi berbagai faktor ini, masih terdapat perbedaan tingkat keyakinan terkait implementasi model prediksi di fasilitas kesehatan, terutama yang memiliki keterbatasan sumber daya. Berdasarkan nilai GINI dan SHAP, dari diskusi panel ahli disepakati bahwa SHAP lebih dipilih untuk menentukan fitur penting dalam memprediksi keberhasilan terapi, variabel dengan index SHAP tertinggi cocok untuk menjadi variabel penentu penting, dan untuk variabel dengan index terendah dicoba untuk dieliminasi dan melihat nilai kinerja model.

Bagian 2: Konsensus Algoritma Pembelajaran Mesin

Tabel 5.19. Hasil Konsensus Tahap 2 Bagian 2

Jenis <i>Machine Learning</i> (ML)	Skala	N	%
<i>Logistic Regression</i>	-	0/14	0
<i>Decision Trees</i>	4	1/14	7
<i>Random Forest</i>	5	13/14	93
<i>MLP</i>	-	0/14	0
<i>XG Boost</i>	-	0/14	0

Keterangan skala 1= Tidak cocok, 2= kurang cocok, 3= cukup cocok, 4=cocok, 5= sangat cocok

Berdasarkan hasil konsensus, Random Forest merupakan algoritma yang paling direkomendasikan untuk prediksi keberhasilan pengobatan TB, dengan skor tertinggi yaitu 5 (sangat cocok). Algoritma ini dinilai lebih sesuai dibandingkan metode lainnya dalam penelitian ini.

Bagian 3: Kriteria Evaluasi Model

Tabel 5.20. Hasil Konsensus Tahap 2 Bagian 3

Kriteria	Skala	N	%
Akurasi (seberapa tepat prediksi sesuai dengan hasil sebenarnya)	4	14/14	100
Sensitivitas (kemampuan sistem untuk mendeteksi pasien yang berhasil sembuh)	4	14/14	100
Spesifisitas (kemampuan sistem untuk mengidentifikasi pasien yang tidak sembuh)	4	14/14	100
F1 Skor (kombinasi dari sensitivitas dan presisi)	4	14/14	100
AUC-ROC (area di bawah kurva untuk melihat performa keseluruhan model)	5	14/14	100
Log Loss (mengukur probabilitas prediksi yang salah)	4	14/14	100
Precision-Recall AUC (untuk mengatasi ketidakseimbangan data)	4	14/14	100

Keterangan skala 1= Tidak penting, 2=Kurang penting, 3= Netral, 4= Penting, 5= Sangat penting

Berdasarkan hasil evaluasi, hampir keseluruhan metrik yang digunakan untuk menilai kinerja model prediksi keberhasilan pengobatan TB mendapatkan skor 4, yang menunjukkan bahwa seluruh kriteria dianggap penting dalam konteks ini. Kriteria AUC saja yang mendapatkan skor 5, kurva AUC ini digunakan untuk melihat performa kinerja keseluruhan model, terutama kemampuannya untuk membedakan kelompok berhasil dan tidak berhasil. Tabel hasil konsensus di atas memperlihatkan tidak ada metrik yang diunggulkan secara khusus, sehingga dapat disimpulkan bahwa pendekatan yang

seimbang dalam mempertimbangkan berbagai aspek evaluasi model adalah yang paling disarankan dalam memilih model algoritma ML terbaik untuk dikembangkan dalam pembuatan aplikasi prediksi keberhasilan pengobatan TB.

5.5.2 Perbaikan Model

Berdasarkan hasil kinerja model yang diperoleh dari pembuatan model dan hasil diskusi panel ahli akan disinkronisasi menjadi bahan perbaikan model. Hasil diskusi panel ahli didapatkan beberapa fitur sangat penting dan penting dalam pembentukan model akhir, sedangkan untuk model algoritma terpilih adalah algoritma RF, dan fitur penting SHAP menjadi pilihan berdasarkan konsensus para ahli. Hasil konsensus menyarankan pula untuk dilakukan perbandingan kinerja model ML algoritma RF dengan pengurangan fitur dengan index SHAP rendah, dengan maksud agar dapat diperoleh model dengan fitur yang tidak terlalu banyak tetapi memberikan kinerja terbaik. Sesuai dengan hasil konsensus tersebut maka dilakukan uji coba kembali menilai kinerja model dengan pengurangan fitur dengan hasil seperti tabel di bawah ini

Tabel 5.21. Perbandingan Kinerja Model ML RF dengan pengurangan fitur (%)

	Jumlah pengurangan fitur/variabel						
	0	1	2	3	4	5	6
Akurasi	75.45	75.43	72.13	75.40	75.27	74.68	71.23
Sensitivitas	80.47	80.12	76.15	80.08	80.05	79.29	76.44
Spesifisitas	79.85	79.90	74.10	79.35	79.38	79.05	73.01
AUC	83.76	83.74	72.12	83.70	83.54	82.83	78.86

Keterangan:

0 : tanpa pengurangan variabel/fitur

1 : tanpa fitur riwayat pengobatan

2 : tanpa fitur PMO

3: tanpa fitur no 1+ jumlah kontak serumah

4: tanpa fitur no 3 + bentuk OAT

5: tanpa fitur no 4+ jenis TB

6: tanpa fitur no 5 + PMO

Tabel 5.22 memperlihatkan bahwa dengan pengurangan jumlah variabel yang digunakan dalam membangun model terlihat adanya penurunan kinerja dari model. Pengurangan fitur PMO pada kelompok 2 dan 6 terlihat penurunan AUC yang cukup besar ($AUC < 80\%$). Semakin banyak fitur yang dihilangkan terjadi pula penurunan kinerja model ML. Nilai AUC dan akurasi semakin menurun dengan pengurangan jumlah fitur yang lebih banyak, terutama bila ditambahkan pengurangan fitur PMO.

Tahapan selanjutnya untuk melihat signifikansi performa antar kelompok pengurangan fitur dilakukan test Friedman , diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5.22. Hasil Uji Friedman Antar Kelompok

Kelompok	<i>Accuracy</i>	<i>Sensitivity</i>	<i>Specificity</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1 Score</i>	AUC	Rata-rata ranking
0 (Seluruh)	1	2	1	1	2	2	1	1.43
1 (-RPS)	2	3	2	2	3	3	2	2.43
2 (-PMO)	6	6	6	4	6	6	7	6.14
3 (-RPS, -Kontak)	3	1	3	3	1	1	3	2.14
4 (-RPS, -Kontak, -OAT)	4	4	4	4	4	4	4	4.00
5 (-4 fitur)	5	5	5	5	5	5	5	5.00
6 (-5 fitur)	7	7	7	7	7	7	7	6.71

• Statistik Friedman (χ_F^2):

$$\chi_F^2 = \frac{12 \times 7}{7 \times 8} \left((1.43^2 + 2.43^2 + \dots + 6.71^2) - \frac{7 \times 8^2}{4} \right) = 42.0$$

Hasil Friedman diperoleh nilai Kritis $\chi^2_{df=6, \alpha=0.05}$: 12.59, sehingga disimpulkan ada perbedaan signifikan performa antar kelompok (p-value <0.05). Setelah uji Friedman diperoleh ada perbedaan performa signifikan antar kelompok dilanjutkan melakukan uji Nemenyi untuk melihat kinerja berdasarkan nilai p, dengan nilai p < 0.05 dianggap pengurangan fitur tersebut signifikan terhadap kinerja model ML, dengan keterangan sebagai berikut:

Kelompok:

0 : tanpa pengurangan variabel/fitur

1 : tanpa fitur riwayat pengobatan

2 :tanpa fitur PMO

3: tanpa fitur no 1+ jumlah kontak serumah

4: tanpa fitur no 3 + bentuk OAT

5: tanpa fitur no 4+ jenis TB

6: tanpa fitur no 5 + PMO

Tabel 5.23. Nilai p Hasil Nemenyi Test Antar Kelompok

Kelompok	0	1	2	3	4	5	6
0	1	0.999796	0.009592	0.999981	0.924253	0.126427	0.0003
1	0.999796	1	0.032532	1	0.989917	0.280879	0.001465
2	0.009592	0.032532	1	0.02206	0.220024	0.977501	0.977501
3	0.999981	1	0.02206	1	0.977501	0.220024	0.000878
4	0.924253	0.989917	0.220024	0.977501	1	0.754199	0.02206
5	0.126427	0.280879	0.977501	0.220024	0.754199	1	0.594339
6	0.0003	0.001465	0.977501	0.000878	0.02206	0.594339	1

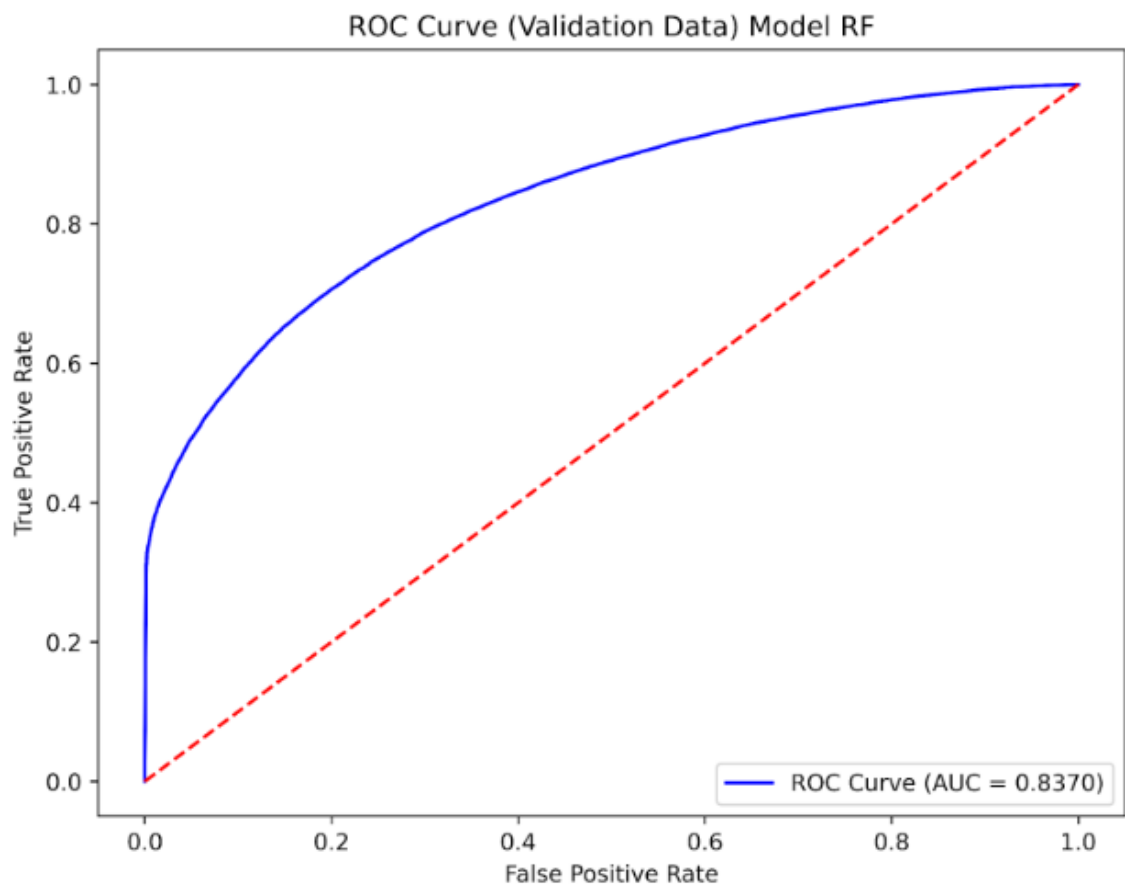
Berdasarkan hasil uji Nemenyi terlihat pengurangan fitur PMO sendiri maupun digabungkan dengan pengurangan fitur lainnya memberikan perbedaan yang signifikan secara statistik ($p < 0.001$), sehingga berdasarkan hasil dari XAI (SHAP), diskusi panel ahli dan hasil uji Nemenyi maka pada penelitian ini akan dilakukan reduksi 3 fitur meliputi riwayat pengobatan sebelumnya, jumlah kontak serumah dan bentuk OAT untuk tahap selanjutnya berupa validasi eksternal model dengan menggunakan data set berbeda yaitu data set SITB bulan Januari-Juni 2024, dengan jumlah data set yang digunakan sebesar 61.009 sampel.

Proses pengembangan model ML memerlukan validasi eksternal dan merupakan tahapan kritis dalam pengembangan model. Validasi eksternal berguna untuk menilai model bekerja dengan baik pada data pelatihan atau validasi internal, tetapi mempunyai kemampuan beradaptasi dengan data baru/ data eksternal. Validasi ini penting karena ada kemungkinan penurunan kinerja model saat digunakan pada dataset dengan karakteristik yang berbeda dari dataset pengembangan model. Kegunaan lain dari validasi eksternal yaitu dapat membantu identifikasi *overfitting*, serta dapat memastikan generalisasi model sebelum dilakukan implementasi aplikasi. Validasi model terpilih dilakukan validasi eksternal dengan menggunakan data SITB bulan Januari-Juni 2024. Perbedaan karakteristik pada dataset untuk validasi eksternal tidak banyak menurunkan akurasi model, menandakan akuratnya pendekatan pembelajaran mesin yang dikembangkan.

Tahap validasi external dilakukan untuk memperoleh hasil bahwa model terpilih dapat digeneralisasi, berikut hasil validasi external yang diperoleh:

Tabel 5.24. Hasil Validasi Eksternal Model ML Random Forest (n=61009)

Tahap	Akurasi	Sensitivitas	Spesifisitas	<i>F1 Score</i>	<i>AUC Score</i>
Validasi	75.30%	80.83%	78.27%	73.81%	83.70%



Gambar 5.8. Kurva ROC-AUC Validasi Eksternal Model RF

Berdasarkan hasil evaluasi keseluruhan dari model RF baik dari hasil kinerja data latih, data uji validitas internal dan eksternal terlihat seperti tabel di bawah ini:

Tabel 5.25. Evaluasi Model Algoritma Random Forest

Tahap	Akurasi	Sensitivitas	Spesifisitas	Skor AUC
Training	75.88%	80.87%	80.29%	84.45%
Validasi internal	75.45%	80.47%	79.85%	83.76%
Validasi eksternal	75.30%	80.83%	78.27%	83.70%

Model mencapai akurasi 75.30% pada data validasi eksternal, yang relatif konsisten dengan performa pada tahap training (75.88%) dan validasi internal (75.45%). Konsistensi ini menunjukkan bahwa model tidak mengalami overfitting dan memiliki kemampuan generalisasi yang baik pada data baru. Kemampuan model untuk mengidentifikasi pasien yang benar-benar berhasil pengobatannya adalah 80.83%. Nilai ini lebih rendah dibanding *training* (80.87%) namun masih dalam rentang yang dapat diterima. Artinya, model dapat mendeteksi sekitar 8 dari 10 kasus keberhasilan pengobatan dengan benar.

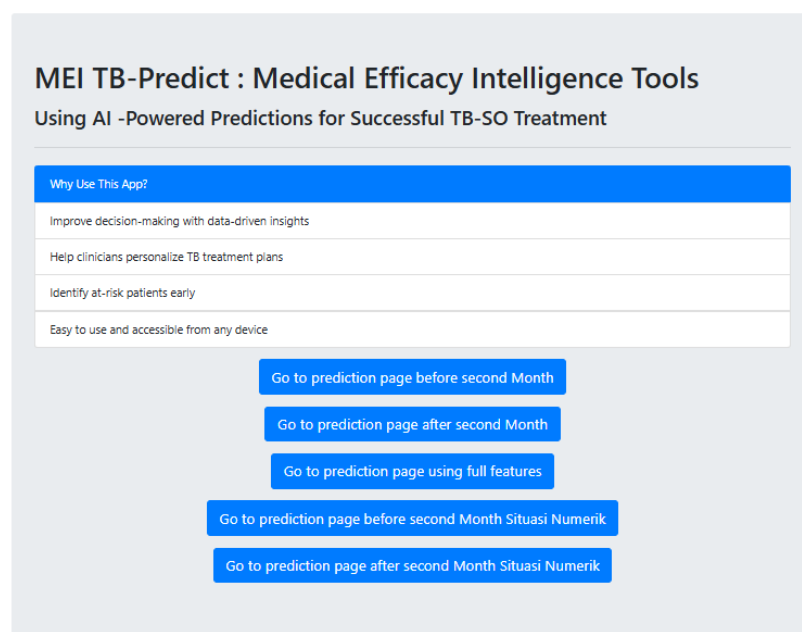
Model mampu mengidentifikasi 78.27% kasus kegagalan pengobatan dengan benar. Nilai ini menunjukkan peningkatan dibanding tahap training (80.29%) dan validasi internal (79.85%), yang mungkin mengindikasikan bahwa model menjadi lebih baik dalam mendeteksi kasus negatif (kegagalan) pada data eksternal. Nilai AUC yang tinggi (83.70%) menunjukkan kemampuan diskriminasi model yang sangat baik dalam membedakan antara pasien yang akan berhasil dan gagal dalam pengobatan. Nilai ini hanya turun sedikit dari tahap training (84.45%), mengkonfirmasi stabilitas model.

5.6 Aplikasi Prediksi Keberhasilan Pengobatan

Pengembangan aplikasi ML untuk memprediksi keberhasilan pengobatan dibuat berdasarkan data SITB. Aplikasi ini akan menjadi alat untuk memperkirakan probabilitas keberhasilan pengobatan, dengan mempertimbangkan variabel input dari setiap fitur yang digunakan dalam membangun model. Berdasarkan tahap penelitian sebelumnya maka aplikasi prediksi ini dibangun berdasarkan kesepakatan yang diperoleh pada tahap 3 melalui metode Delphi. Sesuai dengan hasil kinerja model, validasi internal dan eksternal maka aplikasi prediksi ini dibangun menggunakan model algoritma RF dan fitur yang diperoleh dari kerangka kerja *SHapley Additive ExplanatioN (SHAP)* digunakan untuk menentukan variabel independen yang penting dalam model dan untuk menilai kontribusi fitur-fitur ini dalam memprediksi hasil keberhasilan pengobatan. Aplikasi dibuat berdasarkan pertimbangan statistik dan klinis dan akan diimplementasikan dengan mudah.

Aplikasi model prediksi keberhasilan pengobatan TB dikembangkan menggunakan algoritma ML berbasis web dan diakses dengan alamat : <https://meitbpredict.pythonanywhere.com/>. Pembuatan aplikasi untuk *front end*

menggunakan *html*, *css* dan *javascript*, untuk *back end* menggunakan *python*. Implementasi model ke dalam aplikasi berbasis web terdiri dari halaman input data pasien mencakup variabel prediktor, dan hasil prediksi berupa probabilitas keberhasilan pengobatan ditunjukkan dalam persentase. Data pasien yang perlu diinput terdiri dari 15 variabel seperti pemeriksaan TCM, pemeriksaan klinis, situasi tempat tinggal, usia, indeks massa tubuh, penyakit komorbid dan lain-lain dikategorikan sesuai dengan definisi operasional penelitian ini. Pengisian data provinsi dan kabupaten tempat tinggal pasien digunakan untuk memperoleh data situasi tempat tinggal pasien sesuai dengan definisi operasional penelitian ini.



Gambar 5.9. Tampilan halaman depan aplikasi

Aplikasi dikembangkan dengan menggunakan *framework* Django dan bahasa pemrograman *Python*. *Library* ML yang digunakan adalah *scikit learn*. Aplikasi web yang dibuat dapat digunakan dalam dua tahap prediksi keberhasilan pengobatan TB, tahap awal saat pasien memulai pengobatan TB, dengan variabel konversi sputum BTA bulan ke-2 dan PMO diisi dengan belum ada data. Aplikasi prediksi *full features* tetap dibuat dengan pertimbangan bahwa *full features* paling baik dalam memberikan kinerja model selain itu fitur seperti bentuk OAT, jumlah kontak serumah maupun riwayat pengobatan sebelumnya secara SHAP tidak bermakna, tetapi bila dilihat dari sisi klinis dan program penanganan TB fitur itu sangat penting, seperti jumlah kontak serumah terkait dengan

index TB dan risiko penularan. Bentuk OAT berkaitan dengan tingkat kepatuhan menelan obat, serta riwayat pengobatan sebelumnya pernah putus berobat memerlukan suatu perhatian tambahan untuk pasien tersebut.

Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB Sebelum Dua Bulan Pengobatan
 Input nilai variabel prediksi

Usia 20	Jenis Kelamin Laki-Laki
Tinggi Badan (meter) 1.6	Berat Badan (Kg) 50
Sikap Datang sendiri	Jenis Tuberkulosis TBC Paru
Propinsi pilih propinsi	
Pemeriksaan TCM Positif	Pemeriksaan Klinis Dengan Pemeriksaan Tambahan klinis
Tipe Diagnosis Bakteriologis: TCM Positif	Perubahan Konversi Sputum Belum Ada Data
Jenis Fasyankes Puskesmas	Status Kepemilikan Fasilitas Kesehatan Pemerintah
Penyakit Komorbid Tidak Ada	Pengawas Minum Obat Belum ada data

Hasil Prediksi

Prediksi keberhasilan sebelum pengobatan 2 bulan

Pengobatan diprediksi Berhasil dengan probabilitas prediksi (0.73) 73.1%

Tinggi badan	: 1.6
Berat Badan	: 50.0
Indeks Masa Tubuh	: 19.53

Gambar 5.10. Tampilan prediksi keberhasilan pengobatan tahap awal

Probabilitas keberhasilan pengobatan dapat diprediksi kembali setelah menjalani pengobatan selama dua bulan (fase intensif) dan sudah memperoleh hasil BTA, maka dapat dilakukan input data konversi sputum (+) atau (-) serta data input data PMO dan data pasien lainnya terutama berat badan setelah pengobatan bulan ke-2. Berikut adalah hasil aplikasi prediksi setelah menjalani pengobatan TB selama 2 bulan: A. Penambahan data hasil konversi sputum dan data PMO (+) , serta B. Penambahan data hasil konversi sputum dan data PMO tidak diketahui.

Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB Sebelum Dua Bulan Pengobatan

Input nilai variabel prediksi

Usia

50

Jenis Kelamin

Laki-Laki

Tinggi Badan (meter)

1.65

Berat Badan (Kg)

45

Sikap

Datang sendiri

Jenis Tuberkulosis

TBC Paru

Propinsi

pilih propinsi

Pemeriksaan TCM

Negatif

Pemeriksaan Klinis

Dengan Pemeriksaan Tambahan klinis

Tipe Diagnosis

Klinis

Jenis Fasyankes

Puskesmas

Status Kepemilikan Fasilitas Kesehatan

Pemerintah

Penyakit Komorbid

Diabetes Melitus/HIV

Pengawas Minum Obat

Belum ada data

Predict

Hasil Prediksi

Prediksi keberhasilan sebelum pengobatan 2 bulan

Pengobatan diprediksi Gagal dengan probabilitas prediksi (0.78) 78.1%

Tinggi badan

: 1.65

Berat Badan

: 45.0

Indeks Masa Tubuh

: 16.53

Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB Bulan ke 2

Input nilai variabel prediksi

Usia

50

Jenis Kelamin

Laki-Laki

Tinggi Badan (meter)

1.65

Berat Badan (Kg)

45

Sikap

Datang sendiri

Jenis Tuberkulosis

TBC Paru

Propinsi

pilih propinsi

Pemeriksaan TCM

Negatif

Pemeriksaan Klinis

Dengan Pemeriksaan Tambahan klinis

Tipe Diagnosis

Klinis

Jenis Fasyankes

Puskesmas

Status Kepemilikan Fasilitas Kesehatan

Pemerintah

Penyakit Komorbid

Diabetes Melitus/HIV

Pengawas Minum Obat

Tidak Diketahui

Predict

Pengobatan diprediksi Berhasil dengan probabilitas prediksi (0.9) 89.9%

Tinggi badan

: 1.65

Berat Badan

: 45.0

Indeks Masa Tubuh

: 16.53

Gambar 5.11. A dan B Tampilan prediksi keberhasilan pengobatan setelah pengobatan bulan ke 2

BAB 6

PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas lebih lanjut berdasarkan hasil penelitian diselaraskan dengan tujuan khusus penelitian. Hasil penelitian ini memperlihatkan pengembangan model ML untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB di Indonesia mempunyai kinerja model baik dari penilaian kinerja meliputi *area under curve* (AUC), sensitivitas, spesifisitas dan akurasi. Pemilihan model algoritma ML yang tepat, penggunaan dataset jumlah besar, serta validasi internal maupun eksternal menentukan hasil kinerja model. Proses pembuatan aplikasi prediksi keberhasilan pengobatan TB yang representative pada penelitian ini melalui beberapa tahapan penting antara lain tahap pengembangan model, validasi internal model, analisis hasil dan sinkronisasi dengan pendapat para ahli, validasi eksternal dan uji coba. Beberapa tahapan ini menunjukkan bahwa model prediksi yang dikembangkan berpotensi untuk diterapkan sebagai alat bantu tambahan tenaga kesehatan untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB pada fase awal pengobatan maupun fase lanjutan setelah memperoleh hasil pemeriksaan sputum BTA bulan ke-2.

Laporan tahunan TB Indonesia memperlihatkan adanya peningkatan kasus TB seiring dengan meningkatkan angka temuan kasus TB dan angka keberhasilan pengobatan TB SO namun hal ini belum mencapai target keberhasilan $> 90\%$ secara merata di wilayah Indonesia (Kementerian Kesehatan RI, 2023). Ketidakberhasilan ini menimbulkan masalah baru terlihat dari peningkatan kasus TB RO dan juga angka kematian akibat TB ini. Lamanya waktu menjalani pengobatan memiliki kendala tersendiri, terutama kepatuhan pasien dalam menelan obat yang merupakan kunci utama untuk mencapai sembuh dan keberhasilan pengobatan. Penggunaan dan pemanfaatan ML merupakan inovasi teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi tantangan tersebut.

6.1 Analisis faktor penentu keberhasilan pengobatan TB

Berdasarkan hasil penelitian ini terlihat beberapa aspek menjadi aspek penting untuk mencapai keberhasilan pengobatan. Peran tenaga kesehatan berkaitan erat dengan aspek di bawah ini untuk meningkatkan keberhasilan pengobatan TB.

Tabel 6.1. Rekomendasi Saran dari Tenaga kesehatan dalam Menunjang Keberhasilan Pengobatan

Aspek	Tindakan yang disarankan oleh nakes	Tujuan
Kepatuhan terhadap pengobatan	- Mengingatkan pasien untuk mengonsumsi obat TB sesuai jadwal yang telah ditetapkan - Memberikan edukasi tentang pentingnya menyelesaikan seluruh pengobatan meski gejala hilang	Meningkatkan kepatuhan terhadap pengobatan Menghindari resistensi obat dan kekambuhan TB
Pencegahan penularan	- Mendorong pasien untuk menggunakan masker dan menjaga kebersihan tangan. - Menyediakan tempat khusus atau ruang isolasi untuk pasien TB	Mengurangi penularan TB ke orang lain Mencegah penyebaran TB dalam keluarga atau komunitas
Nutrisi	- Menyediakan informasi mengenai pentingnya asupan gizi seimbang selama pengobatan	Memperkuat daya tahan tubuh selama pengobatan
Dukungan sosial dan psikologis	- Melakukan konseling untuk mengurangi stress dan kecemasan terkait pengobatan - Mengajak keluarga untuk berpartisipasi dalam mendukung pengobatan TB pasien	Meningkatkan kualitas hidup pasien Meningkatkan kepatuhan dan motivasi pengobatan
Pemantauan kesehatan secara berkala	- Memantau perkembangan kesehatan pasien secara rutin, termasuk pemeriksaan sputum dan foto thorax. - Menggunakan aplikasi berbasis teknologi untuk memantau kepatuhan pengobatan	Menilai efektivitas pengobatan dan mendeteksi masalah dini Memastikan pengobatan terpantau dan efektif

Sumber: (Dirjen P2P, 2022; Kesehatan, 2025; Permenkes, 2016)

6.1.1 Karakteristik Pasien Tuberkulosis

Analisis univariat menunjukkan bahwa terdapat variasi tingkat keberhasilan pengobatan tuberkulosis berdasarkan karakteristik demografis, klinis, dan sosial pasien. Salah satu temuan penting adalah perbedaan tingkat keberhasilan berdasarkan kelompok usia. Tingkat keberhasilan pengobatan tertinggi ditemukan pada kelompok usia 55–64 tahun (98,20%), sedikit lebih tinggi dibandingkan kelompok usia 15–24 tahun (98,01%). Hasil ini menarik karena bertentangan dengan temuan Ulfah et al. (2018), yang menunjukkan bahwa pasien usia lebih muda memiliki kepatuhan pengobatan yang lebih

tinggi (OR=1,961; $p=0,045$) (Ulfah et al., 2018). Umumnya, pasien muda dianggap memiliki metabolisme tubuh yang lebih baik dan daya tahan terhadap efek samping obat yang lebih tinggi. Namun, dalam konteks ini, tingginya keberhasilan pada usia yang lebih tua mungkin menunjukkan adanya kesadaran kesehatan yang lebih besar, termasuk kepatuhan terhadap jadwal minum obat dan pemeriksaan lanjutan karena adanya penyakit penyerta. Hal ini menunjukkan bahwa motivasi untuk sembuh mungkin lebih tinggi pada usia lanjut, yang seringkali memiliki komplikasi penyakit atau beban penyakit yang lebih berat.

Dari aspek jenis kelamin, tingkat keberhasilan pengobatan pada laki-laki sedikit lebih tinggi (98,12%) dibandingkan perempuan (98,04%). Walaupun perbedaannya kecil, data ini menunjukkan kecenderungan bahwa laki-laki memiliki akses yang relatif lebih baik terhadap fasilitas kesehatan, namun juga menghadapi tantangan seperti beban kerja dan mobilitas tinggi yang dapat memengaruhi kepatuhan, sebagaimana dicatat oleh Rachmawati et al. (2020) (D. S. Rachmawati et al., 2020). Dalam kajian lain, García-Laencina et al. (2015) menunjukkan bahwa laki-laki cenderung memiliki respons imun yang lebih baik terhadap terapi TB (García-Laencina, Abreu, et al., 2015). Meski demikian, perempuan seringkali menunjukkan sikap lebih proaktif dalam menjaga kesehatan, yang seharusnya mendukung keberhasilan terapi. Namun, faktor sosial seperti tanggung jawab rumah tangga, akses transportasi, dan stigma juga dapat memengaruhi kepatuhan berobat.

Status gizi pasien juga menunjukkan peran penting dalam keberhasilan terapi. Pasien dengan obesitas memiliki tingkat keberhasilan tertinggi (98,28%), sedangkan pasien dengan berat badan berisiko memiliki tingkat keberhasilan lebih rendah (97,98%). Temuan ini konsisten dengan literatur yang menyebutkan bahwa status gizi buruk berdampak negatif terhadap respons imun tubuh dan efektivitas terapi TB. Syapitri et al. (2015) menemukan bahwa pasien dengan gizi buruk berisiko mengalami efek samping obat yang lebih tinggi dan cenderung putus obat ($p<0,05$) (Syapitri et al., 2015). Namun, keberhasilan tinggi pada pasien obesitas dalam studi ini dapat pula dikaitkan dengan pengawasan medis dan dukungan nutrisi yang lebih baik selama terapi.

Variabel sikap pasien juga memberikan gambaran yang penting. Pasien yang menjalani skrining penyakit lain sebelum diagnosis TB memiliki tingkat keberhasilan lebih rendah (93,57%) dibandingkan pasien yang langsung datang ke fasilitas kesehatan

(98,16%). Hal ini mendukung temuan Fitri et al. (2018), yang menyatakan bahwa sikap proaktif terhadap pengobatan TB berhubungan signifikan dengan kepatuhan terapi ($p=0,000$; $OR=29,169$) (L. D. Fitri, 2018). Pasien yang memiliki inisiatif untuk mengakses layanan kesehatan lebih awal umumnya menunjukkan pemahaman lebih baik tentang penyakit dan pentingnya pengobatan, yang berkontribusi pada hasil terapi yang positif.

Lingkungan tempat tinggal juga merupakan determinan penting keberhasilan pengobatan. Pasien yang tinggal di lingkungan sangat padat menunjukkan tingkat keberhasilan sedikit lebih tinggi (98,14%) dibandingkan dengan mereka yang tinggal di lingkungan kurang padat atau tidak padat. Hal ini bertentangan dengan temuan Rusman dan Basri (2019), yang menunjukkan bahwa kepadatan hunian dan sanitasi buruk meningkatkan risiko putus obat ($p=0,044$; $OR=1,967$) (Rusman & Basri K, 2019b). Namun, keberhasilan tinggi dalam populasi padat dalam studi ini bisa menunjukkan bahwa pasien di daerah padat mendapat lebih banyak perhatian dari program TB karena dianggap berisiko tinggi, atau mungkin lebih mudah diakses oleh tenaga kesehatan komunitas.

Jumlah kontak serumah juga memiliki hubungan positif terhadap keberhasilan terapi. Pasien yang tinggal dengan lebih dari empat orang menunjukkan tingkat keberhasilan tertinggi (99,50%). Temuan ini sejalan dengan Ulfah et al. (2018), yang menegaskan bahwa dukungan keluarga meningkatkan kepatuhan pasien terhadap pengobatan ($p=0,003$; $OR=2,956$) (Ulfah et al., 2018). Kehadiran keluarga besar dalam rumah tangga dapat memberikan motivasi, pengingat jadwal minum obat, serta dukungan emosional bagi pasien TB.

Selain itu, perbedaan tingkat keberhasilan juga terlihat berdasarkan jenis fasilitas pelayanan kesehatan. Pasien yang berobat di fasilitas sekunder menunjukkan tingkat keberhasilan lebih tinggi (98,49%) dibandingkan fasilitas primer (97,96%). Hal ini berbeda dari Hendrawan et al. (2021), yang menyatakan bahwa fasilitas primer memiliki keunggulan dalam hal kedekatan dan aksesibilitas pasien (Hendrawan et al., 2021). Keberhasilan di fasilitas sekunder kemungkinan disebabkan oleh ketersediaan alat diagnostik dan obat yang lebih lengkap, serta pengawasan yang lebih intensif dari tenaga medis spesialis. Sementara itu, pasien yang menjalani pengobatan di fasilitas swasta juga menunjukkan tingkat keberhasilan lebih tinggi (98,70%) dibandingkan fasilitas

pemerintah (98,01%), bertolak belakang dengan temuan Rosadi (2020) yang mencatat keunggulan fasilitas pemerintah dalam menyediakan layanan pendampingan pasien TB (Rosadi, 2020). Kemungkinan, dalam studi ini, fasilitas swasta memiliki waktu tunggu lebih pendek, jarak lebih dekat, serta pelayanan yang dianggap lebih personal, sehingga meningkatkan kepatuhan pasien. Beban kerja tenaga kesehatan pada fasilitas layanan primer dan milik pemerintah hal ini mungkin menjadi salah satu hal pelayanan kurang memuaskan bagi pasien sehingga mencari layanan kesehatan yang lebih baik dan tetap dapat menggunakan asuransi kesehatan yang dimiliki.

Riwayat pengobatan sebelumnya juga memberikan gambaran penting. Pasien dengan riwayat pengobatan pertama kali memiliki tingkat keberhasilan 98,05%, sedangkan yang memiliki riwayat gagal atau putus obat justru memiliki keberhasilan lebih tinggi (98,99%). Hal ini agak kontradiktif karena menurut Diesty et al. (2020), pasien dengan riwayat putus obat cenderung kurang patuh terhadap terapi (Diesty et al., 2020). Perbedaan ini bisa disebabkan oleh ukuran sampel yang tidak seimbang, di mana jumlah pasien kasus baru jauh lebih banyak dibandingkan kasus kambuh atau gagal.

Bentuk obat juga menunjukkan pengaruh terhadap hasil pengobatan. Pasien yang menggunakan OAT konvensional menunjukkan keberhasilan lebih tinggi dibandingkan pengguna KDT (kombinasi dosis tetap) meskipun secara umum KDT dirancang untuk meningkatkan kepatuhan pasien. Rachmawati et al. (2020) menunjukkan bahwa KDT lebih mudah dikonsumsi dan meningkatkan kepatuhan (D. S. Rachmawati et al., 2020). Akan tetapi, dalam praktiknya, OAT konvensional mungkin lebih banyak diberikan pada pasien yang mengalami efek samping dari KDT atau memiliki kondisi khusus, dan keberhasilan yang lebih tinggi dapat dipengaruhi oleh pengawasan lebih ketat dari petugas medis.

Secara keseluruhan, analisis univariat ini memberikan pemahaman awal bahwa berbagai faktor sosial-demografis, perilaku, dan klinis berkontribusi terhadap keberhasilan pengobatan TB. Namun demikian, untuk memahami pengaruh independen masing-masing variabel, diperlukan analisis multivariat yang dapat mengontrol potensi faktor perancu dan interaksi antar variabel. Oleh karena itu, pembahasan selanjutnya akan berfokus pada analisis multivariat untuk mengidentifikasi faktor-faktor prediktif keberhasilan pengobatan TB yang paling bermakna dalam konteks program pengendalian TB nasional.

6.1.2 Faktor Signifikansi Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis

Hasil analisis multivariat menggunakan regresi logistik menunjukkan bahwa tidak semua faktor yang diuji memiliki hubungan signifikan terhadap keberhasilan pengobatan tuberkulosis, namun semua variabel tetap menjadi bagian penting dalam pengembangan model prediksi keberhasilan terapi. Secara khusus, faktor umur, sikap pasien, jumlah kontak serumah, pemeriksaan TCM, pemeriksaan klinis, tipe diagnosis, jenis fasilitas kesehatan, status kepemilikan fasilitas kesehatan, riwayat pengobatan sebelumnya, jenis tuberkulosis, penyakit komorbid, bentuk OAT, dan pengawas menelan obat (PMO) memberikan kontribusi penting dalam model, meskipun ada di antaranya yang tidak menunjukkan hubungan statistik yang kuat.

Pada variabel umur, ditemukan bahwa pasien berusia 55–64 tahun memiliki peluang keberhasilan yang sedikit lebih rendah dibandingkan kelompok usia muda ($p = 0,008$; AOR = 0,87). Hasil ini sesuai dengan penelitian Ulfah et al. (2018) yang menunjukkan bahwa peningkatan usia berkaitan dengan penurunan keberhasilan terapi akibat penurunan fungsi imun dan meningkatnya risiko komorbiditas (Ulfah et al., 2018). Sikap pasien terhadap pengobatan tetap menjadi prediktor kuat, di mana pasien dengan sikap positif / datang sendiri berobat memiliki kemungkinan lebih tinggi untuk mencapai keberhasilan terapi ($p < 0,001$; AOR = 0,38) dibandingkan dengan kelompok skrining maupun kelompok yang dirujuk ($p = 0,002$, AOR = 0,90), hal ini sejalan dengan temuan Fitri (2018) bahwa sikap positif berkontribusi terhadap kepatuhan minum obat.

Jumlah kontak serumah lebih dari empat orang juga terbukti meningkatkan peluang keberhasilan pengobatan ($p = 0,005$; AOR = 3,87). Dukungan sosial dari keluarga merupakan faktor penting dalam meningkatkan kepatuhan pasien sebagaimana didukung oleh penelitian Ulfah et al. (2018) (Ulfah et al., 2018). Pemeriksaan TCM menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap keberhasilan terapi ($p < 0,001$; AOR = 0,46), menegaskan pentingnya diagnosis laboratorium cepat dan akurat dalam mendukung pengobatan yang efektif, seperti yang diungkapkan dalam penelitian Andriati dan Sudrajat (2020) (Andriati & Sudrajat, 2020b).

Sementara itu, pemeriksaan klinis dengan tambahan hasil laboratorium berhubungan dengan penurunan peluang keberhasilan ($p < 0,001$; AOR = 0,865). Temuan ini berbeda dengan studi Hamidi et al. (2019) yang menyatakan bahwa diagnosis berbasis laboratorium lebih akurat dalam merencanakan regimen terapi (Diesty et al., 2020;

Hamidi et al., 2019). Diagnosis bakteriologis juga menunjukkan kontribusi positif terhadap keberhasilan terapi ($p < 0,001$; AOR = 1,295), mendukung efektivitas metode ini sebagaimana dilaporkan oleh Diesty et al. (2020) (Diesty et al., 2020). Pemeriksaan klinis dengan tambahan lain kadang membuat pasien mempunyai tingkat ketaatan rendah dalam melakukan pemeriksaan menurut prosedur, karena harus bolak balik ke layanan kesehatan, serta membutuhkan extra waktu dan biaya untuk mencapai akses fasilitas kesehatan.

Jenis fasilitas kesehatan layanan primer ternyata memiliki peluang keberhasilan lebih rendah dibandingkan layanan sekunder ($p < 0,001$; AOR = 1,25). Keberhasilan pengobatan pada pasien yang dirujuk ke fasilitas kesehatan layanan sekunder mungkin disebabkan oleh kapasitas layanan sekunder yang lebih lengkap dalam menangani kasus TB berat, sebagaimana dilaporkan oleh Rosadi (2020) (Rosadi, 2020). Demikian pula, fasilitas kesehatan milik swasta menunjukkan kontribusi positif terhadap keberhasilan pengobatan ($p < 0,001$; AOR = 1,32), hal ini menunjukkan perlu adanya standarisasi fasilitas maupun pelayanan publik dalam penerapan standar program pengendalian tuberkulosis.

Riwayat pengobatan sebelumnya merupakan prediktor yang kuat, di mana pasien bukan kasus baru memiliki peluang keberhasilan lebih tinggi dibandingkan pasien yang pernah mengalami kegagalan terapi ($p < 0,001$; AOR = 1,2), mendukung temuan Diesty et al. (2020) mengenai tantangan pengobatan pada pasien dengan resistansi obat (Diesty et al., 2020). Jenis tuberkulosis juga tetap berpengaruh, dengan TB paru menunjukkan peluang keberhasilan lebih tinggi dibandingkan TB ekstraparu ($p = 0,010$; AOR = 0,88), sebagaimana dilaporkan oleh Rachmawati et al. (2020) (D. S. Rachmawati et al., 2020).

Penyakit komorbid tetap menjadi faktor penting dalam model prediksi, di mana pasien tanpa komorbid memiliki peluang keberhasilan lebih tinggi ($p = 0,012$; AOR = 1,08). Ini menegaskan pentingnya pengelolaan komorbiditas dalam mendukung keberhasilan terapi TB. Dari studi ini walaupun bentuk OAT kombinasi dosis tetap (KDT) walaupun mempunyai tingkat keberhasilan yang lebih rendah, tetapi KDT merupakan bentuk obat pilihan dalam meningkatkan kepatuhan dan mendukung pencapaian keberhasilan pengobatan. Monitoring terkait keluhan dan efek samping obat KDT perlu dilakukan dan ditatalaksana dengan baik sehingga pasien tetap patuh minum obat, situasi tertentu diperlukan untuk memberikan obat lepasan seperti efek samping OAT berat atau adanya

reaksi hipersensitivitas. Pelaksanaan farmakovigilans sangat diperlukan untuk mendukung keberhasilan dan kepatuhan pasien minum obat.

Terakhir, dukungan PMO kemungkinan tetap memiliki kontribusi signifikan, walaupun dari analisis multivariabel didapatkan kelompok PMO tidak diketahui memiliki keberhasilan terapi TB lebih tinggi, tidak diketahui status PMO dapat berarti PMO sebenarnya ada tetapi tidak diinput di SITB atau memang tidak ada PMO. Penelitian Rachmawati et al. (2020) yang menunjukkan bahwa kehadiran PMO mampu meningkatkan akurasi konsumsi obat oleh pasien dan berdampak langsung pada hasil terapi.

6.1.3 Faktor Keberhasilan Pengobatan tuberkulosis

Analisis multivariat dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor independen yang memiliki pengaruh signifikan terhadap keberhasilan pengobatan tuberkulosis setelah dikontrol dengan variabel lainnya. Hasil regresi logistik menunjukkan bahwa tidak semua variabel yang signifikan pada analisis bivariat tetap memiliki hubungan yang bermakna setelah diuji bersama dalam model multivariat. Variabel yang tetap signifikan dalam analisis ini mencakup usia, sikap pasien, jumlah kontak serumah, pemeriksaan TCM, tipe diagnosis, jenis fasyankes, status kepemilikan fasyankes, riwayat pengobatan sebelumnya, jenis tuberkulosis, penyakit komorbid, bentuk OAT, dan keberadaan PMO.

Hasil analisis menunjukkan bahwa usia masih berhubungan signifikan dengan keberhasilan pengobatan setelah dikontrol dengan variabel lain, pasien TB usia 55-64 tahun tetap memiliki peluang lebih rendah untuk berhasil dalam pengobatan dibandingkan dengan pasien yang lebih muda. Temuan ini konsisten dengan penelitian Ulfah et al. (2018), yang menunjukkan bahwa usia yang lebih tua dikaitkan dengan kepatuhan yang lebih rendah serta risiko komorbiditas yang lebih tinggi, yang dapat mengganggu efektivitas terapi ($p = 0.045$; $OR = 1.961$) (Ulfah et al., 2018).

Sikap pasien terhadap pengobatan tetap menjadi faktor yang sangat signifikan dalam model multivariat, pasien yang dirujuk atau diketahui menderita TB melalui skrining penyakit lain mempunyai risiko ketidakberhasilan pengobatan lebih tinggi dibandingkan pasien datang sendiri. Pasien dengan sikap positif memiliki kemungkinan keberhasilan pengobatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasien yang memiliki sikap negatif. Hasil ini mendukung temuan Fitri (2018), yang menemukan bahwa pasien

dengan sikap positif cenderung lebih patuh terhadap pengobatan dan memiliki tingkat keberhasilan terapi yang lebih tinggi ($p = 0.000$; $OR = 29.169$). Sikap pasien berperan penting dalam memastikan kepatuhan terhadap regimen terapi jangka panjang, motivasi dan kepercayaan terhadap pengobatan yang dijalani untuk memperoleh kesembuhan akan meningkatkan kepatuhan minum obat.

Jumlah kontak serumah juga tetap berhubungan signifikan dengan keberhasilan pengobatan ($p = 0.005$; $AOR = 3.87$; $95\% \text{ CI: } 1.45-10.34$). Pasien yang tinggal dengan lebih dari 4 orang serumah memiliki kemungkinan keberhasilan pengobatan yang lebih tinggi dibandingkan pasien yang tinggal dengan lebih sedikit anggota keluarga. Ini menunjukkan bahwa dukungan keluarga memiliki dampak positif dalam meningkatkan kepatuhan terhadap terapi. Temuan ini selaras dengan penelitian Ulfah et al. (2018), yang menyebutkan bahwa dukungan keluarga secara signifikan meningkatkan kepatuhan terhadap pengobatan ($p = 0.003$; $OR = 2.956$) (Ulfah et al., 2018).

Pemeriksaan TCM tetap menjadi faktor yang sangat signifikan dalam model multivariat ($p = 0.000$; $AOR = 0,46$; $95\% \text{ CI: } -0.85- (-0.69)$). Pasien yang menjalani pemeriksaan TCM memiliki kemungkinan keberhasilan pengobatan yang lebih tinggi dibandingkan pasien yang tidak mendapatkan pemeriksaan ini. Hasil ini sejalan dengan penelitian Andriati (2020), yang menunjukkan bahwa metode TCM memungkinkan deteksi dini yang lebih akurat, sehingga memfasilitasi pemberian terapi yang lebih efektif ($p < 0.05$) (Andriati & Sudrajat, 2020b).

Sebaliknya, tipe diagnosis juga tetap memiliki hubungan yang signifikan dengan keberhasilan pengobatan ($p = 0.008$; $AOR = 0.91$; $95\% \text{ CI: } 0.85-0.97$). Pasien yang didiagnosis melalui metode bakteriologis memiliki tingkat keberhasilan pengobatan lebih tinggi dibandingkan pasien yang hanya didiagnosis berdasarkan gejala klinis. Penelitian Diesty (2020) juga menunjukkan bahwa metode bakteriologis meningkatkan efektivitas terapi dan mengurangi risiko kesalahan diagnosis (Diesty et al., 2020).

Dalam hal jenis fasyankes, pasien yang berobat di layanan kesehatan primer tetap memiliki peluang keberhasilan pengobatan lebih tinggi dibandingkan mereka yang berobat di layanan kesehatan sekunder. Hal ini mendukung temuan Hamdi et al. (2019), yang menyatakan bahwa layanan primer lebih mudah diakses oleh pasien dan memiliki program pengawasan kepatuhan terapi yang lebih baik, dan fasilitas kesehatan primer merupakan fasilitas utama dalam pengobatan TB (Hamidi et al., 2019) Selain itu,

status kepemilikan fasyankes tetap berkorelasi signifikan secara statistik, walaupun tingkat keberhasilan pengobatan fasilitas swasta sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan pasien yang dirawat di fasilitas pemerintah. Hal ini memperlihatkan perlu adanya standarisasi pelayanan maupun manajemen fasilitas kesehatan, dengan adanya jaminan kesehatan nasional, pusat kesehatan swasta dapat diakses dengan menggunakan asuransi kesehatan BPJS. Hasil ini mendukung penelitian Rosadi (2020), yang menemukan bahwa fasilitas pemerintah menyediakan akses lebih luas terhadap obat-obatan dan program pendampingan pasien yang lebih baik (Rosadi, 2020).

Riwayat pengobatan bukan kasus baru berhubungan signifikan dengan keberhasilan terapi ($p = <0.001$; AOR = 1.2; 95% CI:0.12-0.24). Temuan ini berbeda dengan penelitian Diesty (2020), yang menunjukkan bahwa pasien dengan riwayat putus obat sebelumnya lebih sulit mencapai keberhasilan terapi karena kemungkinan resistensi obat yang lebih tinggi (Diesty et al., 2020). Hal ini dimungkinkan adanya pengawasan yang lebih ketat pada pasien dengan riwayat sebelumnya dan kekhawatiran pasien akan komplikasi atau bertambahnya tingkat keparahan penyakit TB menjadi TB resisten obat.

Dalam hal jenis tuberkulosis, ditemukan bahwa pasien dengan TB paru memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasien dengan TB ekstraparu ($p = 0.010$; AOR = 0.88; 95% CI: 0.80-0.97). Hasil ini mendukung penelitian Rachmawati et al. (2020), yang menunjukkan bahwa TB ekstraparu lebih sulit diobati karena lokasi infeksi yang lebih kompleks dan keterbatasan dalam pemantauan regimen terapi, selain itu waktu pengobatan pada kasus TB extra paru lebih panjang dibandingkan TB paru (D. S. Rachmawati et al., 2020).

Terakhir, bentuk OAT (Obat Anti Tuberkulosis) dan pengawas menelan obat (PMO) tetap memiliki hubungan signifikan dengan keberhasilan pengobatan. Beberapa studi sebelumnya pasien yang memiliki PMO memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi dibandingkan dengan pasien yang tidak memiliki PMO. Penelitian Rachmawati et al. (2020) mendukung temuan ini, yang menunjukkan bahwa keberadaan PMO dapat meningkatkan kepatuhan pasien terhadap terapi, sehingga meningkatkan keberhasilan pengobatan (D. S. Rachmawati et al., 2020). Secara keseluruhan, hasil analisis multivariabel menunjukkan bahwa faktor usia, sikap pasien, jumlah kontak serumah, pemeriksaan laboratorium, jenis fasilitas kesehatan, dan keberadaan PMO merupakan faktor independen yang signifikan dalam keberhasilan pengobatan TB.

6.2 Faktor Prediktor Keberhasilan TB

Keberhasilan pengobatan tuberkulosis (TB) dipengaruhi oleh berbagai faktor yang dapat menentukan tingkat kepatuhan pasien dalam menjalani pengobatan. Beberapa faktor prediktor utama berperan dalam keberhasilan pengobatan TB antara lain tingkat pengetahuan, efek samping obat, faktor sosial dan lain-lain. Faktor pengetahuan penyakit dan pengobatan menjadi salah satu faktordeterminan utama dalam kepatuhan pasien terhadap pengobatan TB, di mana semakin tinggi tingkat pengetahuan pasien tentang penyakit dan pengobatan, semakin besar kemungkinan mereka untuk patuh dalam menjalani terapi ($p=0.000$, $OR=29.169$) (Hamidi et al., 2019). Pengobatan selama jangka waktu minimal 6 bulan memerlukan dukungan keluarga dalam meningkatkan kepatuhan pasien terhadap terapi TB, terdapat hubungan signifikan antara dukungan sosial dan tingkat keberhasilan pengobatan ($p=0.003$, $OR=2.956$) (Ulfah et al., 2018)

Faktor lain yang memengaruhi prediktor keberhasilan pengobatan TB adalah efek samping obat, yang sering kali menjadi hambatan dalam penyelesaian terapi ($p=0.045$, $OR=1.961$). Selain itu, jarak dan akses ke fasilitas kesehatan juga menjadi tantangan, di mana keterbatasan akses dapat menurunkan kepatuhan pasien dalam menjalani terapi ($p=0.044$, $OR=1.967$). Faktor sikap tenaga kesehatan serta peran Petugas Pemantau Minum Obat (PMO) juga ditemukan memiliki hubungan signifikan terhadap keberhasilan terapi, di mana dukungan yang baik dari tenaga kesehatan dapat meningkatkan kepatuhan pasien terhadap pengobatan (Astuti et al., 2022).

Selain faktor sosial dan lingkungan, faktor sosiodemografi seperti pendidikan, status pekerjaan, dan jenis kelamin memiliki hubungan dengan tingkat kepatuhan pasien terhadap pengobatan TB. Pasien dengan tingkat pendidikan lebih tinggi cenderung lebih memahami pentingnya terapi yang konsisten, sementara mereka yang memiliki pekerjaan stabil juga menunjukkan kepatuhan yang lebih baik (Rosadi, 2020). Telah diamati bahwa pendapatan dan status ekonomi dapat memengaruhi kepatuhan pasien terhadap pengobatan, dengan tujuan untuk mencapai kondisi kesembuhan total. Pendapatan pasien dikaitkan dengan kondisi kehidupan, status gizi, dan asupan mereka, serta biaya pengobatan yang mereka mampu (Ahdiyah et al., 2022; Hamidi et al., 2019). Telah diamati bahwa individu dari tingkat sosial ekonomi yang lebih tinggi cenderung memiliki hasil pengobatan yang lebih baik, yang mungkin disebabkan oleh akses yang lebih besar ke layanan dan fasilitas kesehatan. Sebaliknya, pasien dari latar belakang sosioekonomi

rendah mungkin menghadapi tantangan dalam mengakses perawatan medis dan pengobatan, yang dapat menghambat pemulihan mereka. Tantangan-tantangan ini sering kali diperparah dengan kendala ekonomi terkait gizi buruk, yang selanjutnya dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh mereka. Hal ini, pada gilirannya, dapat menghambat proses penyembuhan penyakit (Imam et al., 2021; Nidoi et al., 2021; Putra & Toonsiri, 2019).

Penting untuk dicatat bahwa faktor sosioekonomi merupakan salah satu penyebab utama kegagalan pengobatan, terutama di lingkungan dengan sumber daya terbatas. Tingkat pengangguran yang tinggi dan tingkat pendapatan yang lebih rendah dapat menyebabkan ketidakpatuhan pasien terhadap pengobatan, yang dapat berdampak negatif terhadap penyakit TB. Hal ini diperparah lagi dengan kondisi perumahan yang tidak memadai, kepadatan penduduk, kekurangan gizi, ventilasi yang buruk, pendidikan yang terbatas, dan kualitas hidup yang buruk. Ketentuan perumahan yang layak lebih dari sekedar bangunan, tetapi juga mencakup keamanan kepemilikan, lokasi, fasilitas, infrastruktur, ketersediaan layanan, aksesibilitas, dan keterjangkauan. Telah diamati bahwa kepadatan penduduk, kualitas lingkungan dalam ruangan, dan kelembaban dapat menjadi faktor yang berkontribusi terhadap penyebaran penyakit ini. Telah diamati bahwa keterjangkauan dan kualitas perumahan dapat memengaruhi kontak dengan basil TB, kejadian TB, dan kepatuhan terhadap pengobatan TB (Deniati et al., 2022; Lee et al., 2022; Mayasari et al., 2022; Singh et al., 2018; Yuniar et al., 2023).

Selain itu, self-efficacy atau keyakinan diri dalam menyelesaikan pengobatan berperan penting, di mana efikasi diri yang rendah dikaitkan dengan tingkat kepatuhan yang lebih buruk. Faktor sosial ekonomi, seperti status pernikahan, tempat tinggal, dan pendapatan, turut menentukan akses serta kemampuan pasien dalam menjalani terapi TB secara berkelanjutan (Arzit et al., 2021).

Berdasarkan hasil konsensus terhadap prediktor keberhasilan TB responden menjelaskan keberhasilan pengobatan tuberkulosis (TB) dipengaruhi oleh berbagai faktor prediktor yang mencakup karakteristik pasien, gambaran klinis, serta faktor lingkungan dan sosial. Dari tabel yang ditampilkan, faktor sosiodemografi seperti usia, jenis kelamin, berat badan, dan indeks massa tubuh pasien memiliki nilai yang relatif konsisten, menunjukkan bahwa faktor ini berperan dalam menentukan kepatuhan dan respons pasien terhadap terapi TB.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang diteliti oleh Kurniawan, (2015) bahwasannya Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara usia pasien dengan jenis pengobatan tuberkulosis ($p = 0,023 < \alpha 0,05$), yang mengindikasikan bahwa faktor usia dapat menjadi salah satu prediktor dalam keberhasilan terapi TB. Nilai Odds Ratio (OR) sebesar 1,400 (95% CI=0,876-2,237) mengisyaratkan bahwa pasien dengan karakteristik usia tertentu memiliki kemungkinan lebih besar dalam memilih atau mendapatkan jenis pengobatan tertentu. Selain itu penelitian dari Sina et al., (2025) mengenai IMT bahwasannya hasil analisis variabel indeks massa tubuh dengan angka kesembuhan TB menunjukkan bahwa OR: 0,047, p value: 0,001. Hasil ini menandakan dengan IMT yang baik akan menjadi faktor proteksi dari kegagalan pengobatan TB. Status gizi terutama tambahan makanan yang mengandung protein menjadi hal yang penting dalam menunjang keberhasilan pengobatan. Protein, sebagai nutrisi esensial, berperan dalam memperkuat sistem kekebalan tubuh. Hal ini dapat mendukung keberhasilan pasien dalam menjalani pengobatan TB (Irawan et al., 2017).

Selain itu, faktor psikososial, seperti sikap pasien terhadap pengobatan dan keberadaan Pengawas Menelan Obat (PMO), juga berperan penting dalam memastikan pasien menyelesaikan pengobatan dengan optimal. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang diteliti oleh Dedeh Komariah et al., (2023) Dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$, hasil penelitian menunjukkan bahwa peran Pengawas Menelan Obat (PMO) berkontribusi signifikan terhadap keberhasilan pengobatan TB, di mana 78% pasien TB paru mengakui manfaat positif dari dukungan PMO. Selain itu, tingkat kepatuhan pasien terhadap pengobatan mencapai 82%, yang menjadi faktor kunci dalam meningkatkan efektivitas terapi dan mencegah resistensi obat. Temuan ini menegaskan bahwa keberadaan PMO serta kepatuhan pasien merupakan prediktor utama dalam keberhasilan pengobatan TB. Studi berlokasi di Uganda menyimpulkan bahwa pengawasan langsung berbasis komunitas lebih efektif dan menghasilkan hasil pengobatan lebih baik dibandingkan terapi berbasis fasilitas kesehatan (Mugabe et al., 2023). Salah satu upaya yang dapat dikembangkan dan dilakukan adalah pengintegrasian petugas kesehatan komunitas ke dalam sistem kesehatan.

Dari segi aspek medis, faktor seperti jenis diagnosis (baru/kambuh), perubahan konversi sputum setelah dua bulan pengobatan, dan jenis tuberkulosis (paru atau ekstra

paru) menjadi indikator klinis yang dapat memprediksi keberhasilan terapi. Pemeriksaan klinis oleh dokter dan penggunaan TCM juga menjadi faktor yang mendukung keberhasilan pengobatan dengan memastikan deteksi dini dan akurasi diagnosis. Program penanggulangan TB di Indonesia menggunakan pemeriksaan TCM dengan metode GeneXpertTB/RIF sebagai alat diagnosis TB. Beberapa keunggulan pemeriksaan TCM adalah dapat memberikan hasil diagnosis akurat dan cepat dibandingkan sputum BTA, dapat mendeteksi resistensi rifampicin, mempunyai sensitivitas dan spesifitas tinggi. Beberapa kekurangan dari pemanfaatan pemeriksaan TCM adalah memerlukan biaya tinggi, dapat memberikan hasil positif palsu pada pasien dengan riwayat pengobatan sebelumnya (Nikolayevskyy et al., 2019; Soeroto et al., 2019; Terzi et al., 2024). Studi Karuniawati A dkk mendapatkan hasil pemeriksaan mikroskopis sputum BTA mempunyai spesifisitas lebih tinggi dibandingkan pemeriksaan TCM pada pasien dengan riwayat pengobatan sebelumnya. Mikroskopis dan kultur sputum lebih positif pada pasien dengan kavitas paru dan sampel sputum pagi, hal ini memperlihatkan pemeriksaan sputum BTA tetap dapat direkomendasikan pada pasien dengan riwayat pengobatan TB sebelumnya dan daerah dengan akses maupun fasilitas kesehatan terbatas (Karuniawati et al., 2023; Kurniati et al., 2023). Selain pemeriksaan TCM, pemeriksaan lain seperti pemeriksaan klinis, mikroskopis BTA sputum ataupun kultur tetap diperlukan dalam beberapa kasus sehingga diagnosis TB lebih akurat. Pemeriksaan TCM (Xpert MTB/RIF) mempercepat diagnosis dan deteksi resistensi, tetapi keberhasilan terapi tergantung pada sistem kesehatan yang mendukung (akses pengobatan, pemantauan, dan manajemen pasien).

Faktor lingkungan dan sosial, seperti status kepemilikan fasilitas kesehatan (pemerintah/swasta), jenis fasilitas kesehatan yang digunakan, jumlah kontak serumah, serta kepadatan tempat tinggal, turut berpengaruh terhadap akses pasien terhadap layanan kesehatan dan potensi transmisi ulang penyakit. Selain itu, keberadaan penyakit komorbid seperti diabetes dan HIV menjadi tantangan tambahan yang dapat memengaruhi efektivitas pengobatan. Kondisi malnutrisi dan DM menjadi faktor risiko utama TB. Pasien TB-DM sebagian besar diikuti dengan status nutrisi buruk dan kontrol glikemik tidak optimal dibandingkan dengan pasien TB atau DM saja (Girishbhai Patel et al., 2024). Pasien TB-DM berisiko lebih besar terjadi defisiensi vitamin D, albumin dan anemia sehingga diperlukan intervensi pemberian suplementasi nutrisi selama menjalani

pengobatan (Girishbhai Patel et al., 2024; Irawan et al., 2017). Penyakit komorbid lainnya seperti HIV dengan status malnutrisi, kebiasaan merokok, ketidakteraturan minum obat antiretroviral (ARV) meningkatkan risiko co-infeksi TB-HIV. Keadaan defisiensi mikronutrien seperti vitamin A, vitamin D, Fe dan Zinc sering ditemukan dan memengaruhi sistem kekebalan tubuh serta keberhasilan pengobatan, sehingga ko-infeksi TB-HIV memerlukan adanya intervensi nutrisi selama menjalani tahap pengobatan (Jin et al., 2021; A. Manurung et al., 2018; Musuenge et al., 2020). Hal ini didukung oleh penelitian yang diteliti Kurniati et al., (2023) komorbid bisa mempersulit proses pengobatan dan kesembuhan pasien disebabkan karena bertambahnya jenis obat yang harus diminum, adanya interaksi obat yang dapat menimbulkan efek samping obat sehingga menurunkan motivasi pasien untuk berobat. Faktor tempat tinggal pun dapat memengaruhi laju kesembuhan penyakit TB ini. Penduduk pedesaan lebih mungkin terkena TB. Hal ini disebabkan ikatan sosial yang lebih dalam pada masyarakat pedesaan dibandingkan dengan masyarakat metropolitan.

Efektivitas pengobatan tuberkulosis (TB) dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor langsung (*direct factor*) dan faktor tidak langsung (*indirect factor*). Faktor langsung meliputi efektivitas pengobatan TB, terutama dari segi medis dan perawatan pasien. Faktor langsung meliputi kualitas pengobatan, seperti efektivitas regimen OAT, respon positif terhadap pengobatan, efek pengobatan simptomatik, dan adanya penyakit penyerta seperti HIV, diabetes melitus, dan malnutrisi. Faktor tidak langsung meliputi tingkat pendidikan dan pengetahuan tentang TB, status ekonomi masyarakat, peran PMO, kualitas layanan kesehatan, dan sistem kualitas dan cakupan layanan kesehatan (SITB).

Interaksi antara faktor-faktor ini sangat penting dalam memahami efektivitas pengobatan TB. Sebagai contoh, pasien dengan lingkungan sosial yang buruk (faktor langsung) mungkin tidak menerima pengobatan yang memadai (faktor tidak langsung), sementara pasien dengan kondisi kesehatan yang buruk (faktor tidak langsung) mungkin menghadapi tantangan dalam mengakses pengobatan. Selain itu, pasien dengan kondisi kesehatan yang buruk (faktor langsung) mungkin membutuhkan perawatan yang lebih baik tetapi mungkin tidak mampu membayar pengobatan (faktor langsung).

Analisis lebih lanjut dari semua variabel penelitian ini dapat dihubungkan dengan kompleksitas dimensi kepatuhan minum obat, kunci utama dalam mencapai keberhasilan

pengobatan. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) telah mendeskripsikan lima dimensi kepatuhan pengobatan: sosioekonomi, terapi, sistem kesehatan, pasien, dan kondisi. Dimensi pertama adalah faktor sosial-ekonomi, faktor sosioekonomi, termasuk usia, jenis kelamin, pekerjaan, pendapatan, gaya hidup, dan tingkat pendidikan, termasuk dalam kategori yang lebih luas dari dimensi sosioekonomi (Peh et al., 2021). Indonesia, sebuah negara yang terdiri dari kepulauan, menunjukkan variasi geografis, kesenjangan ekonomi, dan berbagai tingkat kemiskinan, akses, dan fasilitas kesehatan di seluruh wilayahnya (Lestari, 2022). Faktor-faktor lain seperti distribusi dan aksesibilitas layanan kesehatan yang tidak merata di seluruh wilayah, tingkat ekonomi yang berbeda, dan kesenjangan sosial, telah dikaitkan dengan hasil pasien tuberkulosis (TB). Dimensi kedua faktor sistem kesehatan meliputi kualitas layanan medis dan hubungan antara pasien dan penyedia layanan kesehatan, karakteristik tenaga medis dan tenaga kesehatan. Dimensi ketiga faktor kondisi penyakit meliputi gejala penyakit, tingkat perkembangan dan keparahan penyakit, komplikasi penyakit serta penyakit penyerta lainnya. Dimensi keempat merupakan dimensi faktor terapi meliputi kompleksitas regimen pengobatan, lama terapi, dampak pengobatan (efek samping, efektifitas, keamanan obat dan pengalaman berobat. Terakhir, dimensi kelima adalah faktor pasien mencakup karakteristik demografi (usia, jenis kelamin, status pernikahan (pengetahuan, sikap, sumber daya dan keyakinan pasien terhadap pengobatan).

Beberapa faktor penentu berdasarkan lima dimensi bila ditinjau lebih lanjut terdapat beberapa hal yang dapat dimodifikasi dalam upaya meningkatkan kepatuhan minum obat seperti status ekonomi, kualitas layanan medis. Terdapat pula faktor yang tidak dapat dimodifikasi seperti karakteristik deomgrafi pasien usia, jenis kelamin, faktor terapi, timbulnya keluhan yang tidak diinginkan dari penggunaan obat maupun efek samping obat. Efek samping obat merupakan hal yang tidak terpisahkan dari penggunaan obat, pemberian obat kombinasi meningkatkan risiko terjadinya keluhan maupun efek samping obat. Pengobatan selama 6 bulan pada pasien TB dilaporkan sebagian besar pasien mengalami berbagai efek samping yang berkaitan dengan obat-obat anti tuberkulosis. Beberapa efek samping penggunaan obat antituberkulosis adalah gangguan pencernaan, gangguan sistem saraf, artralgia, ototoksisitas, tinitus, dan ruam kulit. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya memahami dan menangani kesejahteraan

pasien yang menjalani perawatan obat (Massud et al., 2022; Ngoc et al., 2021; Prasad et al., 2019).

Farmakoterapi berpotensi menyebabkan kejadian medis yang tidak diinginkan selama penggunaan obat dan berpotensi memperburuk kondisi medis pasien, memperpanjang durasi rawat inap, dan bahkan berkontribusi terhadap morbiditas dan mortalitas. Kegiatan monitoring dan evaluasi pengobatan serta farmakovigilans perlu dilakukan selama pasien menjalani terapi. Kegiatan monitoring dan evaluasi ini merupakan upaya mengatasi keluhan yang tidak diinginkan maupun efek samping selama mendapatkan OAT dan meningkatkan kualitas dan keamanan pasien yang menggunakan obat (Güner & Ekmekci, 2019). Tenaga kesehatan dalam program farmakovigilans dapat diimplementasikan untuk memberikan banyak manfaat bagi keselamatan pasien (Ravichandran et al., 2022). Edukasi tentang terapi obat, kemungkinan efek samping yang timbul kepada pasien maupun pengawas menelan obat sangat bermanfaat agar pasien maupun PMO menyampaikan informasi tentang efek samping kepada tenaga kesehatan agar tingkat kepatuhan minum obat pasien tetap baik, dan tidak melakukan putus obat sendiri (Alharbi et al., 2016; Merid et al., 2020).

Pentingnya untuk memperhatikan kemungkinan efek samping obat. Berdasarkan teori lima dimensi kepatuhan pengobatan dari WHO merupakan fenomena multidimensi yang ditentukan oleh interaksi dimensi tersebut, perlu pendekatan menyeluruh dalam memahami dan meningkatkan kepatuhan pengobatan. Pelaksanaan program TB harus berfokus pada pendekatan holistik, seperti *Directly Observed Treatment Short course* (DOTS) untuk meningkatkan pengobatan, edukasi masyarakat untuk mengurangi stigma, tunjangan transportasi/gizi untuk pasien, dan integrasi layanan kesehatan.

Salah satu variabel penting dalam model prediksi ini adalah provinsi. Variabel ini selain digunakan untuk mengetahui situasi tempat tinggal/ kepadatan penduduk, variabel ini mencerminkan pula kondisi geografis, sosial, dan sistem pelayanan kesehatan yang sangat bervariasi antar wilayah di Indonesia. Setiap provinsi memiliki tantangan dan kapasitas yang berbeda dalam menangani TB. Perbedaan dalam jumlah dan distribusi tenaga kesehatan, ketersediaan obat, efektivitas program TB lokal, serta dukungan pemerintah daerah, semuanya berpengaruh terhadap keberhasilan pengobatan. Oleh karena itu, memasukkan provinsi sebagai variabel dalam model statistik menjadi penting untuk menangkap dimensi spasial dan sistemik yang memengaruhi hasil pengobatan

pasien. Analisis berbasis provinsi memungkinkan kebijakan yang lebih tepat sasaran, misalnya dengan mengidentifikasi provinsi-provinsi yang memerlukan penguatan kapasitas layanan primer atau pengembangan program pengendalian TB berbasis komunitas.

Beberapa hal di bawah ini dapat dilakukan oleh tenaga kesehatan baik tenaga medis maupun non medis dalam upaya meningkatkan angka keberhasilan pengobatan TB di Indonesia berdasarkan hasil penelitian:

Tabel 6.2. Upaya peningkatan keberhasilan pengobatan TB

Faktor penentu keberhasilan	Tindakan yang perlu dilakukan	Strategi implementasi	Dampak yang diharapkan
Pemeriksaan TCM & pemeriksaan klinis	Optimalisasi penggunaan TCM untuk diagnosis yang akurat di faskes layanan primer Pemeriksaan klinis rutin, monitoring keluhan dan gejala pasien serta pemeriksaan sputum BTA pada bulan ke 2	Penyediaan sarana TCM di level puskesmas kecamatan atau kelurahan untuk akses fasilitas kesehatan yang terbatas atau berlokasi jauh Pelatihan tenaga kesehatan dalam interpretasi hasil TCM. Standar operasional pemeriksaan klinis terintegrasi.	Memastikan diagnosis TB dengan tepat, dan respons terapi terpantau.
Sikap dan Pengawas menelan obat	Melakukan konseling motivasi kepada pasien untuk meningkatkan sikap positif pasien Penelusuran, pencatatan dan penguatan peran pengawas menelan obat melalui pelatihan dan insentif	Modul konseling berbasis teori perilaku kesehatan. Aplikasi mobile untuk pelaporan harian PMO.	Meningkatkan kepatuhan minum obat dan mengurangi angka putus obat maupun risiko terjadinya TB resistensi obat
Situasi tempat tinggal	Pendidikan kesehatan keluarga tentang pencegahan dan penularan TB, kriteria rumah sehat menurut Kemenkes di lingkungan padat	Dukungan Sosial (kontak Serumah, lingkungan) Kolaborasi dengan dinas perumahan setempat untuk	Mengurangi risiko reinfeksi dan meningkatkan dukungan keluarga sebagai PMO.

Faktor penentu keberhasilan	Tindakan yang perlu dilakukan	Strategi implementasi	Dampak yang diharapkan
	Edukasi dan sosialisasi rumah sehat (ventilasi, pencahayaan alamiah) dan kepadatan hunian	pasien di lingkungan cukup padat, dan sangat padat Sosialisasi rumah sehat (ventilasi, pencahayaan, kepadatan hunian). Program keluarga bebas TB dengan pemberian insentif.	
Penyakit komorbid	Skrining komorbid rutin pada pasien TB (DM, HIV/AIDS) Manajemen terpadu TB- penyakit komorbid dengan tim multidisiplin Pemantauan glukosa darah dan CD 4 secara berkala	SOP penanganan dan protokol kolaborasi dengan klinik DM /HIV.	Mengurangi komplikasi dan meningkatkan keberhasilan terapi
Jenis fasilitas kesehatan	Peningkatan kualitas layanan primer dari segi pemeriksaan penunjang, ketersediaan obat. Pelatihan tenaga kesehatan di fasilitas swasta	Integrasi data SITB antar-fasilitas (pemerintah-swasta). Pelatihan tenaga kesehatan di fasilitas swasta. Sistem rujukan terpadu berbasis elektronik	Meningkatkan akurasi pelaporan dan keberlanjutan pengobatan TB.
Faktor demografis (usia , jenis kelamin)	Pemantuan intensif pasien dengan pendekatan khusus seperti kunjungan rumah dan dukungan keluarga. Edukasi gender-sesitive terutama pasien Perempuan tentang pentingnya kepatuhan pengobatan.	Kolaborasi dengan kader kesehatan untuk pendampingan pasien lansia. Penyuluhan kelompok perempuan melalui Posyandu/PKK.	Menurunkan risiko kegagalan pengobatan pada kelompok tertentu

Faktor penentu keberhasilan	Tindakan yang perlu dilakukan	Strategi implementasi	Dampak yang diharapkan
Status gizi (IMT, Berat badan)	Skrining gizi awal dan pemantauan berkala selama pengobatan. Kerjasama dengan program gizi untuk pemberian makanan tambahan tinggi protein dan suplementasi seperti Fe, Zn	Integrasi dengan program pemberian makanan tambahan untuk pasien TB dengan gizi buruk. Pemantauan berat badan bulanan.	Meningkatkan respons imun pasien dan mengurangi efek samping obat.

6.3 Model Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB dan Aplikasi

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa proses pengembangan model pembelajaran mesin untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB terutama TB sensitif obat memperlihatkan tingkat kinerja yang baik dari segi sensitivitas, AUC-ROC dan akurasi. Kinerja model ini memperlihatkan bahwa pemilihan model algoritma tepat untuk prediksi prognosis, pemanfaatan data set cukup besar dalam membangun model dan dilakukannya validasi internal dan eksternal untuk memperlihatkan model yang terpilih mampu untuk digeneralisasi (Cabitza et al., 2021).

Validasi eksternal dilakukan secara tahap demi tahap dimulai dari perencanaan pemilihan data set representatif sampai evaluasi kinerja matriks sesuai dengan konteks model terpilih. Metrik evaluasi seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, atau *AUC-ROC* perlu dianalisis secara komprehensif untuk memastikan konsistensi model. Sesuai perspektif pengembangan aplikasi, validasi eksternal tidak hanya berfungsi sebagai penjamin kualitas model, tetapi juga fondasi kepercayaan (*trust*) pengguna dan stakeholder. Aplikasi yang dibangun dengan model yang telah teruji secara eksternal akan lebih siap menghadapi variabilitas data dunia nyata, mengurangi risiko kegagalan saat *deployment*, dan memenuhi standar regulasi, terutama bila akan dimanfaatkan dalam bidang kesehatan. Selain itu, proses ini juga memperkuat *reproducibility* dan *transparansi* model dan keandalan aplikasi (Cabitza et al., 2021; Ho et al., 2020).

Berbagai model algoritma seperti LR, SVM, RF, dan XG boost telah digunakan untuk prediksi prognosis. Kinerja model algoritma RF paling baik dalam studi ini dan telah dipilih sebagai model pilihan untuk membangun aplikasi. Model Random Forest ini menunjukkan performa yang stabil dan cukup baik dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB dengan berbagai metrik yang konsisten antara data training dan validasi

eksternal. Nilai AUC yang tinggi menunjukkan utilitas klinis yang potensial, meskipun masih ada ruang untuk peningkatan terutama dalam mengurangi *false predictions*. Implementasi klinis model ini dapat membantu program pengendalian TB dengan memungkinkan intervensi yang lebih tepat sasaran (Loecher, 2022).

Beberapa keunggulan model RF, termasuk lebih kuat terhadap *noise* dan data yang hilang (*missing*), sehingga stabil dalam kondisi data yang tidak lengkap. Model RF juga memiliki keunggulan lain, yaitu dapat bekerja dengan baik pada data yang tidak seimbang, seperti data SITB, dengan rasio angka keberhasilan yang jauh lebih tinggi dibandingkan angka tidak berhasil. Ini juga dapat menunjukkan fitur penting dan interpretabilitas yang tinggi, yang memungkinkan identifikasi faktor-faktor yang menentukan keberhasilan pengobatan dan memudahkan interpretasi kebijakan klinis dan klinis. Selain itu, model RF tidak membutuhkan perangkat keras untuk komputasi (Wijaya & Fauziah, 2023).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rasyid & Heryawan, (2023) mengenai prediksi keberhasilan pengobatan tuberkulosis (TB), hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* memiliki akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma *Decision Tree*. Penelitian ini membandingkan kedua algoritma dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB dan menemukan bahwa *Random Forest* lebih efektif dalam menghasilkan prediksi yang akurat. Hal ini disebabkan oleh kemampuan *Random Forest* dalam menggabungkan beberapa pohon keputusan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan akurasi prediksi dan mengurangi risiko *overfitting*, sehingga menjadikannya lebih unggul dalam konteks prediksi keberhasilan pengobatan TB (Wijaya & Fauziah, 2023).

Selain itu, dalam penelitian yang dilakukan oleh mengenai perbandingan Regresi Logistik dan *Random Forest* untuk klasifikasi hasil diagnosis pasien terduga tuberkulosis, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Random Forest* memiliki akurasi yang lebih tinggi yaitu 97%, dibandingkan dengan regresi logistik yang mencapai 95%. Hal ini disebabkan oleh kemampuan *Random Forest* dalam menangani data dengan kompleksitas tinggi dan interaksi antar variabel dengan lebih baik, yang pada gilirannya meningkatkan akurasi klasifikasi dalam prediksi hasil diagnosis pasien terduga tuberkulosis (Varoquaux & Colliot, 2023).

Dalam konteks analisis lebih lanjut, perbandingan antara regresi logistik dan algoritma ML yang lebih kompleks seperti *Random Forest* (RF) dapat memberikan wawasan tambahan. Regresi logistik lebih sering digunakan dalam analisis konvensional karena menghasilkan model yang lebih mudah diinterpretasikan. Namun, RF dapat mengungkap pola yang lebih kompleks dalam data, termasuk interaksi antar variabel yang mungkin tidak terdeteksi dalam regresi logistik. Jika dibandingkan, algoritma RF cenderung lebih baik dalam menangkap hubungan non-linear dan fitur penting dalam dataset yang besar, tetapi interpretasi hasilnya lebih sulit dibandingkan regresi logistik yang memberikan hubungan langsung melalui nilai OR dan koefisien beta.

Dengan demikian, meskipun regresi logistik tetap menjadi metode yang andal dalam analisis statistik konvensional, penggunaan metode ML seperti RF dapat menjadi alternatif dalam meningkatkan akurasi prediksi dan mendeteksi variabel penting yang lebih kompleks. Untuk studi lebih lanjut, pendekatan *hybrid* yang menggabungkan kedua metode ini dapat menjadi strategi optimal dalam memahami faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan pengobatan tuberkulosis.

6.4 Implementasi Aplikasi Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB Berbasis Pembelajaran Mesin

Implementasi aplikasi prediksi keberhasilan pengobatan TB berbasis ML merupakan langkah inovatif dalam mendukung program eliminasi TB di Indonesia. Pemanfaatan aplikasi prediksi ini dapat digunakan secara nasional, baik pada layanan kesehatan primer, sekunder dengan status kepemilikan pemerintah maupun swasta, hal ini dimungkinkan karena aplikasi ini dikembangkan dengan memanfaatkan data dari Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB). SITB bekerja dengan cara mengintegrasikan data yang diperoleh dari fasilitas kesehatan mengenai kasus TB yang terdeteksi. Data ini mencakup diagnosis, pengobatan, kepatuhan pengobatan pasien, serta *outcome* pengobatan. Tenaga kesehatan di setiap fasilitas layanan memasukkan data pasien ke dalam sistem, yang kemudian diteruskan ke database nasional. Sejalan dengan penelitian sebelumnya, pemanfaatan berbagai model algoritma seperti DT, RF, Log Reg, XGB dan MLP yang merupakan salah satu model *deep learning*, dapat menganalisis pola tersembunyi dalam data pasien, seperti karakteristik demografis, riwayat pengobatan, dan faktor klinis, sehingga memungkinkan prediksi yang lebih akurat (Ahamed Fayaz et al.,

2024; Hussain & Junejo, 2019). Hal ini sangat penting mengingat keberhasilan pengobatan TB di Indonesia belum mencapai target 90%, sehingga intervensi dini dapat meningkatkan angka kesembuhan

Salah satu keunggulan aplikasi ini adalah kemampuannya untuk memproses data dalam jumlah besar dan diakses menggunakan web. Data SITB yang terintegrasi dari berbagai fasilitas kesehatan dapat dimanfaatkan untuk melatih model ML, sehingga prediksi yang dihasilkan bersifat komprehensif dan representatif. Selain itu, teknik imputasi data digunakan untuk mengatasi masalah *missing* data yang sering terjadi dalam pelaporan SITB. Dengan demikian, aplikasi ini tidak hanya meningkatkan akurasi prediksi tetapi juga mengoptimalkan pemanfaatan data yang tersedia untuk kepentingan klinis dan kebijakan kesehatan.

Tabel 6.3. Enabler, Reinforcement Factor dan Tantangan Implementasi Aplikasi
Pada Berbagai Level Pengguna

Level pengguna	<i>Enabler factor</i>	<i>Reinforcement factor</i>	Tantangan
Fasyankes TB	• Ketersediaan dan kelengkapan data pasien • Akses ke model ML dan infrastruktur digital	• Standarisasi input data • Pelatihan petugas kesehatan untuk pengumpulan data konsisten • Menggunakan cloud computing berbasis pusat data daerah. • Menggunakan aplikasi berbasis web/mobile yang dapat diakses oleh fasyankes dengan koneksi internet terbatas	• Beban kerja tenaga kesehatan • Resistensi tenaga kesehatan terhadap teknologi baru. • Keterbatasan anggaran untuk pengadaan perangkat pendukung.
Unit TB Kota/kabupaten	• Koordinasi antar fasyankes : interoperabilitas data antar fasyankes untuk pelatihan model ML • Monitoring dan evaluasi : model ML diperbaharui sesuai dengan tren lokal	• Pembentukan tim data TB kota/kabupaten yang bertanggung jawab atas integrasi dan validasi data. • Sistem umpan balik otomatis dari hasil prediksi ke petugas kesehatan. • Pelaporan berkala terkait TB ke provinsi	• Variasi kualitas data antar wilayah. • Keterbatasan sumber daya manusia

Level pengguna	Enabler factor	Reinforcement factor	Tantangan
		untuk penyesuaian kebijakan.	
Unit TB Provinsi	• Pendanaan dan alokasi sumber daya untuk pemeliharaan ML. • Setiap provinsi memiliki karakteristik TB yang berbeda sehingga diperlukan validasi model	• Integrasi dengan APBD melalui program prioritas kesehatan. • Kerja sama dengan pihak swasta seperti program CSR perusahaan untuk pendanaan inovasi. • Kalibrasi model ML berdasarkan data provinsi sebelum disebarkan ke kabupaten/kota. • Kolaborasi dengan akademisi lokal untuk pengembangan algoritma spesifik daerah	• Ketergantungan pada kebijakan pusat. • Kesenjangan kapasitas teknologi antar-provinsi.
Unit TB pusat	• Regulasi & standarisasi, nasional, memastikan model ML memenuhi persyaratan standar akurasi klinis, keamanan data dan etik • Skalabilitas & Integrasi dengan Sistem Nasional, model dapat diimplementasikan di seluruh Indonesia	• Peraturan Kemenkes tentang AI yang mengatur penggunaan ML untuk TB. • Integrasi dengan SatuSehat untuk pertukaran data lintas sektor. • Pusat Data TB Nasional dengan kualitas data valid untuk pelatihan dan pemutakhiran model.	• Fragmentasi kebijakan antara berbagai stakeholder • Keterbatasan anggaran untuk inisiatif nasional

Implementasi aplikasi prediksi berbasis pembelajaran mesin, seperti algoritma *Random Forest*, dalam pengobatan penyakit menular seperti tuberkulosis (TB), telah mendapatkan dukungan kuat dari berbagai penelitian. Hal ini didasarkan pada kemampuannya dalam mengolah data dalam jumlah besar, menangani variabel kompleks, serta memberikan prediksi akurat terhadap keberhasilan pengobatan. Penelitian yang

dilakukan oleh Suresh et al. (2023) dalam studi retrospektif yang dilakukan di India, mengembangkan model prediktif berbasis pembelajaran mesin menggunakan data lebih dari seribu pasien TB paru. Hasilnya, algoritma *Random Forest* menunjukkan akurasi yang tinggi dalam memprediksi konversi kultur sputum, yang menjadi indikator penting keberhasilan pengobatan TB. Temuan ini memperkuat potensi penerapan model serupa dalam aplikasi prediksi klinis untuk mendukung pengambilan keputusan tenaga kesehatan (Ahamed Fayaz et al., 2024).

Inovasi utama penelitian ini digunakan penerapan *Explainable AI* (XAI) untuk meningkatkan interpretabilitas model. Teknik SHAP (SHapley Additive Explanations) untuk meningkatkan kemampuan interpretasi model. SHAP mampu mengidentifikasi beberapa faktor utama yang berkontribusi terhadap keberhasilan pengobatan. Faktor-faktor ini termasuk konversi dahak, kepatuhan PMO, dan status gizi. Teknik ini memungkinkan analisis interaksi antar variabel dan penyediaan prediksi yang lebih personal untuk setiap pasien. Hal ini dapat bermanfaat bagi dokter dalam pengambilan keputusan. Aplikasi prediksi keberhasilan pengobatan TB berbasis ML juga dapat membantu tenaga kesehatan dalam mengambil keputusan yang lebih tepat. Misalnya, model ML dapat mengidentifikasi pasien dengan risiko tinggi putus obat atau gagal terapi berdasarkan faktor-faktor seperti status ekonomi, kepatuhan minum obat, dan adanya penyakit penyerta seperti diabetes. Dengan informasi ini, petugas kesehatan dapat memberikan perhatian khusus, seperti pendampingan lebih intensif atau penyesuaian regimen pengobatan, sehingga peluang keberhasilan terapi meningkat. Selain itu, aplikasi ini dapat terintegrasi dengan sistem layanan kesehatan yang ada, seperti rekam medis elektronik, untuk memudahkan akses informasi (Wang et al., 2025).

Peninjauan dari sisi perspektif kebijakan, implementasi aplikasi ini mendukung transformasi digital kesehatan yang dicanangkan pemerintah. Sebagai bagian dari pilar keenam transformasi kesehatan, aplikasi prediksi TB berbasis ML dapat memperkuat sistem surveilans penyakit menular (Chinagudaba et al., 2024). Data yang dihasilkan dapat digunakan untuk memantau tren TB secara nasional, mengevaluasi efektivitas program, dan mengalokasikan sumber daya secara lebih efisien. Misalnya, daerah dengan prediksi kegagalan pengobatan tinggi dapat menerima intervensi lebih awal, seperti pelatihan tenaga kesehatan atau peningkatan ketersediaan obat.

Implementasi aplikasi ini tidak lepas dari masalah dan tantangan, antara lain

ketersediaan infrastruktur teknologi di daerah terpencil yang mungkin masih terbatas. Selain itu, kesenjangan digital dan rendahnya literasi teknologi di kalangan tenaga kesehatan dapat menghambat adopsi aplikasi ini. Beberapa upaya perlu dilakukan seperti pendekatan bertahap, dimulai dari daerah dengan infrastruktur memadai, sambil terus melakukan pelatihan dan sosialisasi. Selain itu, aspek keamanan dan privasi data pasien harus menjadi prioritas untuk mencegah penyalahgunaan informasi sensitif.

Pengembangan aplikasi ini memerlukan evaluasi berkala untuk memastikan model ML tetap akurat seiring dengan perubahan pola data. Validasi eksternal menggunakan dataset dari wilayah lain atau periode waktu berbeda juga diperlukan untuk menguji generalisasi model. Jika ditemukan ketidakakuratan, model dapat diperbaiki dengan menambahkan fitur baru atau menggunakan algoritma yang lebih canggih (Rodrigues et al., 2024). Dengan demikian, aplikasi ini dapat terus berkembang dan beradaptasi dengan dinamika epidemiologi TB di Indonesia.

Aplikasi prediksi keberhasilan pengobatan TB berbasis ML juga memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Misalnya, dengan menambahkan fitur notifikasi untuk mengingatkan pasien atau petugas kesehatan tentang jadwal pengobatan, atau integrasi dengan alat diagnostik untuk memperkaya data input. Inovasi seperti ini dapat meningkatkan efektivitas aplikasi dalam mendukung penanganan TB secara holistik. Selain itu, pengembangan versi mobile aplikasi dapat memudahkan akses bagi tenaga kesehatan di lapangan.

Dampak jangka panjang dari implementasi aplikasi ini adalah peningkatan angka keberhasilan pengobatan TB dan penurunan kasus resistensi obat. Dengan prediksi dini, pasien yang berisiko dapat segera mendapat intervensi, sehingga mengurangi kemungkinan putus obat atau gagal terapi. Hal ini juga akan menurunkan biaya kesehatan yang dikeluarkan untuk menangani kasus TB resisten obat, yang membutuhkan pengobatan lebih lama dan lebih mahal. Dengan demikian, aplikasi ini tidak hanya bermanfaat secara klinis tetapi juga dari segi ekonomi.

Implementasi aplikasi prediksi keberhasilan pengobatan TB berbasis ML merupakan solusi promosi kesehatan yang menjanjikan dalam upaya eliminasi TB di Indonesia. Dengan dukungan teknologi, kolaborasi multisektor, dan komitmen pemerintah, aplikasi ini dapat menjadi alat strategis untuk mencapai target global dalam penanggulangan TB. Pengembangan dan penyempurnaan aplikasi ini perlu terus

dilakukan agar manfaatnya dapat dirasakan secara luas oleh masyarakat. Faktor kualitas data sangat penting karena kualitas output sangat tergantung pada kualitas data input.

Implementasi aplikasi prediksi keberhasilan pengobatan TB berbasis pembelajaran mesin dapat dilakukan dengan mengintegrasikan model prediktif yang telah dikembangkan untuk dilakukan interoperabilitas dengan sistem digital kesehatan nasional, seperti platform SatuSehat atau aplikasi JKN Mobile untuk memperoleh data-data tambahan lain yang mungkin saat ini belum ada di SITB, seperti riwayat penyakit dahulu selain diabetes maupun HIV, riwayat alergi obat, riwayat vaksinasi dan lain-lain melalui Nomor Induk Kependudukan (NIK). Dengan dukungan kolaboratif antara Kementerian Kesehatan, BPJS Kesehatan, dan instansi terkait lainnya, model ini dapat diakses oleh tenaga kesehatan maupun masyarakat secara luas sebagai alat bantu skrining dan pemantauan pengobatan TB. Melalui pendekatan ini, aplikasi prediksi dapat berfungsi sebagai alat pendukung pengambilan keputusan klinis bagi tenaga kesehatan serta alat edukatif bagi pasien TB. Selain itu, model ini dapat membantu menjangkau populasi di wilayah dengan akses layanan kesehatan terbatas, sehingga berkontribusi dalam meningkatkan efektivitas program nasional pengendalian TB menuju eliminasi TB di tahun 2030.

Peyrani et al. (2022) meneliti pemodelan dinamis hasil pengobatan TB dengan mengombinasikan kerangka waktu (*landmark modeling*) dan algoritma pembelajaran mesin. Model ini, yang diuji pada hampir 18.000 pasien TB paru di Moldova, menunjukkan bahwa Random Forest memiliki sensitivitas dan nilai prediktif yang meningkat seiring dengan waktu pengobatan. Hal ini membuktikan bahwa pembelajaran mesin tidak hanya akurat di awal diagnosis, tetapi juga relevan untuk pemantauan jangka panjang dalam penyakit menular dengan durasi terapi yang panjang (Kheirandish et al., 2022).

Hasil penelitian ini menunjukkan sejumlah arah potensial untuk pengembangan model prediksi keberhasilan TB di masa depan. Eksplorasi pembelajaran mendalam untuk data temporal, seperti penggunaan *long short term memory* (LSTM) untuk memantau kemajuan pasien setiap bulan, dapat memberikan wawasan baru. Pengembangan model hibrid yang menggabungkan kekuatan RF/XGBoost dengan penilaian klinis berbasis pengetahuan ahli juga menjanjikan. Pendekatan model pembelajaran hibrid dapat menjadi solusi untuk melatih model pada data terdistribusi di

berbagai fasilitas kesehatan tanpa perlu sentralisasi data, mengatasi masalah privasi dan keamanan data. Eksplorasi algoritma pembelajaran mesin dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi RF dan SHAP menunjukkan pendekatan optimal dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB di Indonesia. Solusi ini memberikan akurasi tinggi dan interpretasi klinis, berpotensi diaplikasikan dalam praktik nyata. Temuan ini dapat berkontribusi pada pengembangan sistem pendukung keputusan yang lebih cerdas dan personal dalam program pengendalian TB nasional.

6.5 Implikasi Kebijakan

Penelitian ini menggarisbawahi sejumlah tantangan sistemik dalam pengendalian TB di Indonesia yang menuntut perumusan kebijakan yang lebih responsif, berbasis bukti, serta sejalan dengan kerangka Indonesia TB *Care Pathway*. Kesehatan dan pelayanan kesehatan merupakan hak setiap warga negara Indonesia berdasarkan Undang-Undang Dasar 1945 pasal 28 ayat 1 menyatakan setiap orang berhak memperoleh pelayanan kesehatan. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan merupakan dasar hukum komprehensif bagi penyelenggaraan sistem kesehatan nasional di Indonesia. Undang-undang ini mencakup berbagai aspek, mulai dari pelayanan kesehatan hingga pembiayaan dan upaya penanggulangan penyakit menular maupun tidak menular. Situasi tingginya angka kejadian TB di Indonesia dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat, merupakan salah satu penyakit menular dari undang-undang kesehatan ini. Berdasarkan hasil penelitian ini maka akan dijabarkan beberapa hal terkait implikasi kebijakan sebagai berikut:

6.5.1 *Carepathway* TB

Care Pathway TB di fasilitas kesehatan primer merupakan alur terintegrasi yang mencakup deteksi dini, diagnosis, pengobatan, dan pemantauan kasus TB. Dokumen ini disusun berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 2015 Tahun 2023 tentang Petunjuk Teknis Integrasi Pelayanan Kesehatan Primer, yang menekankan pentingnya layanan komprehensif sesuai siklus hidup. *Care Pathway* bertujuan meningkatkan kualitas pelayanan berkesinambungan, deteksi dini, *patient safety*, dan optimalisasi sumber daya. Implementasinya melibatkan Pos Pelayanan Terpadu (Posyandu), Puskesmas Pembantu (Pustu), Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas), dan Fasilitas Kesehatan Tingkat Pertama (FKTP) lainnya, dengan dukungan alur klinis untuk tata

laksana kasus. Upaya untuk mendukung program Indonesia bebas TB maka upaya aktif mulai dari penemuan kasus TB, menjalani pengobatan sampai sembuh perlu dilaksanakan sesuai dengan care pathway TB. Berdasarkan alur ini perlu adanya kesadaran, edukasi, tindakan preventif maupun promotif kesehatan dimulai dari lingkungan keluarga, dan berlanjut bertahap ke tingkat yang lebih tinggi. *Care Pathway* dalam integrasi pelayanan kesehatan primer bertujuan agar para tenaga kesehatan di FKTP maupun kader dapat memahami kegiatan-kegiatan pelayanan yang dapat diberikan di masing-masing unit pelayanan dan dapat menjalankan rujukan horizontal, rujukan vertikal maupun melakukan tata laksana rujukan balik dengan baik.

Temuan tentang risiko kegagalan pengobatan meningkat dengan bertambahnya usia menunjukkan bahwa tahapan awal pada *pathway*, yaitu deteksi dini dan akses diagnosis, belum optimal untuk dilakukan. Peningkatan usia akan menghadapi hambatan fisiologis, sosial, dan ekonomi, termasuk keterbatasan mobilitas, komorbiditas, serta keterisolasian sosial (Lönnroth et al., 2009; Zenner et al., 2013). Secara data epidemiologi kasus TB tertinggi ditemukan pada usia produktif, tetapi berdasarkan care pathway TB sesuai dengan siklus hidup, tetap perlu menjadi perhatian penanganan kasus TB pada kelompok usia lanjut usia untuk mendukung keberhasilan pengobatan TB pada kelompok usia ini, hal ini dikarenakan penurunan sistem imun, penurunan fungsi organ metabolisme dan ekskresi obat, adanya penyakit komorbid lain serta peningkatan kemungkinan interaksi obat. Beberapa tindakan seperti skrining berbasis komunitas, kunjungan rumah rutin oleh petugas kesehatan, serta pengembangan model layanan proaktif berbasis keluarga, sebagaimana telah direkomendasikan dalam Integrasi Layanan Primer (ILP). Beberapa rekomendasi terkait hal ini adalah pedoman TB lansia mencakup skrining berbasis risiko (penyakit komorbid), penggunaan alat diagnosis cepat maupun penyesuaian dosis berdasarkan fungsi ginjal maupun hati, integrasi layanan TB dengan Program Pengelolaan Penyakit Kronis (PROLANIS) untuk memudahkan akses dan pemantauan pengobatan, pelatihan tenaga kesehatan untuk meningkatkan kemampuan diagnosis TB atipikal pada lansia dan manajemen efek samping obat. Selain itu perlu dilakukan intervensi berbasis keluarga pendampingan anggota keluarga atau kader untuk deteksi dini gejala TB dan kepatuhan minum obat. (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Penguatan deteksi dini dan diagnosis cepat pada layanan primer, perluasan fungsi promotif-preventif di Puskesmas menjadi sangat penting. Implementasi *early warning*

system berbasis faktor risiko sosial serta skrining rutin lansia dengan deteksi TB dan penyakit tidak menular terintegrasi perlu dipercepat, sebagaimana model yang telah berhasil diterapkan di Jepang dan Korea Selatan (Watanabe et al., 2016). Penguatan deteksi dini dan diagnosis cepat pada layanan primer, perluasan fungsi promotif-preventif di Puskesmas menjadi sangat penting. Implementasi *early warning system* berbasis faktor risiko sosial serta skrining rutin lansia dengan deteksi TB dan penyakit tidak menular terintegrasi perlu dipercepat, sebagaimana model yang telah berhasil diterapkan di Jepang dan Korea Selatan (Watanabe et al., 2016). Perbedaan tingkat keberhasilan pengobatan antara laki-laki dan perempuan menyoroti perlunya *gender-sensitive TB interventions* yang memperkuat komponen akses diagnosis dan keberlangsungan terapi dalam pathway. Perempuan usia produktif seringkali menghadapi hambatan kultural dan ekonomi (Horton et al., 2016). Oleh karena itu, strategi seperti pelibatan organisasi perempuan, penguatan edukasi berbasis gender, serta penyediaan fasilitas pendukung seperti penitipan anak di fasyankes perlu dimasukkan ke dalam intervensi berbasis komunitas.

Determinasi sosial dan lingkungan juga perlu diperhatikan dalam fase pemantauan ketat dan penuntasan kasus. Tinggal di lingkungan padat meningkatkan risiko reinfeksi dan putus obat (Prmaono & Wiyadi, 2021). Untuk itu, kebijakan pengendalian TB perlu diintegrasikan dengan program perumahan sehat dan pengentasan kemiskinan, mengadopsi pendekatan *social protection* seperti di Peru dan Brazil, di mana pasien TB dari keluarga miskin menerima bantuan tunai bersyarat (Wingfield et al., 2016). Determinasi sosial dan lingkungan juga perlu diperhatikan dalam fase pemantauan ketat dan penuntasan kasus. Tinggal di lingkungan padat meningkatkan risiko reinfeksi dan putus obat (Prmaono & Wiyadi, 2021). Untuk itu, kebijakan pengendalian TB perlu diintegrasikan dengan program perumahan sehat dan pengentasan kemiskinan, mengadopsi pendekatan *social protection* seperti di Peru dan Brazil, di mana pasien TB dari keluarga miskin menerima bantuan tunai bersyarat (Wingfield et al., 2016). Fakta bahwa fasilitas kesehatan pemerintah memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi dibanding swasta mengindikasikan perlunya penguatan fase diagnosis tepat dan pengobatan tepat melalui integrasi sektor swasta ke dalam program nasional. Model *Public-Private Mix* (PPM) perlu diperkuat, dengan pemberian insentif untuk fasyankes swasta yang melaporkan kasus ke SITB, pelatihan berkala, dan audit tata laksana pengobatan TB (*Global Tuberculosis Report 2023*, 2023).

Kepatuhan pengobatan TB tidak hanya bergantung pada faktor medis, tetapi juga dipengaruhi oleh norma sosial, kepercayaan tradisional, dan dinamika keluarga. Beberapa tantangan kultural signifikan dapat menghambat keberhasilan pengobatan seperti stigma dan diskriminasi yang dihadapi pasien, kepercayaan pada pengobatan alternatif atau spiritual sebelum mencari pengobatan medis yang berpotensi terjadi penundaan diagnosis, pengobatan maupun dapat menjadi sumber penularan bagi keluarga maupun orang sekitar. Selaras dengan budaya bangsa Indonesia, Keputusan kesehatan sering melibatkan peran keluarga besar. Bentuk dukungan maupun tekanan keluarga dapat mempengaruhi konsistensi pasien dalam menjalani keseluruhan tahapan pengobatan TB.

Pengawas menelan obat (PMO) dapat berasal dari keluarga maupun kader kesehatan, peran PMO merupakan salah kunci untuk mencapai keberhasilan pengobatan TB, PMO berperan sebagai jembatan antara sistem kesehatan formal dan nilai lokal. Hal ini dikarenakan PMO tidak hanya memastikan kepatuhan minum obat pasien TB tetapi juga berfungsi sebagai pendamping yang memahami konteks sosial pasien. Peran Pengawas Menelan Obat (PMO) sangat vital dalam fase pemantauan terapi. Saat ini, fungsi PMO masih belum optimal karena keterbatasan kapasitas dan motivasi. Pemerintah perlu mengembangkan skema performance-based incentives untuk PMO komunitas dan keluarga, serta memperluas penggunaan teknologi seperti *electronic Directly Observed Therapy* (eDOT) berbasis aplikasi mobile, sebagaimana berhasil diterapkan di Filipina (Mangan et al., 2023). Sejalan dengan care pathway peran PMO dari keluarga, kader maupun lingkungan sekitar sangat berperan dalam upaya mendukung keberhasilan program TB Indonesia maka bulan Mei 2025 secara resmi Kemenkes meluncurkan program nasional gerakan bersama penguatan desa dan kelurahan siaga TB.

Integrasi pengelolaan penyakit komorbid, terutama diabetes mellitus dan hipertensi, dalam fase pengobatan tepat dan monitoring terapi menjadi semakin penting. Pemerintah harus mempercepat implementasi TB-DM *Collaborative Framework* dengan memperkuat skrining dua arah, pencatatan terintegrasi, dan memperlancar rujukan antara layanan TB dan PTM (WHO, 2011). Pengelolaan komorbid ini menjadi kunci keberhasilan pengobatan TB, mengingat pasien TB dengan diabetes memiliki risiko dua kali lipat untuk gagal terapi (Baker et al., 2011).

Akhirnya, implementasi pendekatan *whole-of-government* dan *whole-of-society* dalam semua tahapan pathway perlu dikuatkan. Kementerian Pendidikan dapat berperan

melalui edukasi TB di sekolah, Kementerian Komunikasi dan Informatika memperluas kampanye *digital* berbasis data lokal, serta keterlibatan organisasi masyarakat atau komunitas untuk menjangkau kelompok marginal dan memperkuat kepatuhan berbasis komunitas (Maher et al., 2007). Penerapan strategi nasional pada tiap tahapan Indonesia TB *Care Pathway* mulai dari deteksi dini, diagnosis cepat, pengobatan tepat, hingga pemantauan dan penuntasan kasus maka diharapkan pengendalian tuberkulosis di Indonesia dapat berjalan lebih efektif, inklusif, dan berkelanjutan. Prioritas penerapan manajemen alur pelayanan kesehatan di berbagai tingkat perlu diperhatikan seperti edukasi, konseling, dan skrining sesuai kebutuhan pasien dan sesuai dengan kompetensi tenaga kesehatan memberikan pelayanan. Tata laksana kasus hasil skrining TB positif atau pasien dengan keluhan atau gejala, dilakukan di FKTP yang memiliki dokter dengan menggunakan alur klinis. Prioritas pelaksanaan manajemen alur pelayanan kesehatan dapat memberikan pelayanan kesehatan oleh dokter dan tenaga kesehatan di FKTP dapat lebih baik dan berkualitas sehingga berpotensi memberikan dampak kepuasan pasien dan penurunan rujukan kasus dari layanan primer ke layanan rujukan sehingga dapat mengurangi beban pembiayaan Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) di layanan rujukan.

6.5.2 Kelengkapan dan integrasi data SITB

Data SITB merupakan data set utama digunakan dalam penelitian ini merupakan data nasional dan terstandarisasi sehingga mempunyai cakupan luas dan representatif dengan catatan pengisian data ini dilakukan secara lengkap dan real time. Explorasi data set SITB 2020-2023 ternyata tidak lengkap terisi, hal ini berpeluang data SITB tidak dapat memberikan informasi terbaik maupun terupdate serta bias pelaporan akibat kemungkinan *underreporting* atau ketidakakuratan data di daerah tertentu karena keterbatasan infrastruktur kesehatan dapat menimbulkan permasalahan dalam keakuratan data. Teknik imputasi dilakukan pada penelitian ini untuk mencegah bias, meningkatkan akurasi model dan meningkatkan penggunaan dataset yang lebih besar sehingga dapat meningkatkan kekuatan statistik.

Data SITB saat ini memiliki keterbatasan data determinan sosial kesehatan yang krusial. Integrasi data kependudukan dan indikator kemiskinan (BPS) dapat memperkaya analisis risiko TB, sehingga mampu mengidentifikasi klaster wilayah dengan kerentanan tinggi dari sisi kepadatan hunian dan status ekonomi keluarga. Studi di Uganda,

menyatakan bahwa tingkat sosial ekonomi rendah berdampak terhadap hasil pengobatan TB (Nidoi et al., 2021). Di Indonesia, sinergi dengan Sistem Informasi Pembangunan Kesejahteraan Sosial (SIPKS) dapat memetakan hubungan antara bantuan sosial dan kepatuhan pengobatan, sehingga berpeluang untuk peningkatan keberhasilan pengobatan.

SITB saat ini telah memiliki struktur hirarki dengan berbagai tingkat pengguna, mulai dari super admin hingga unit fasilitas kesehatan (Fasyankes) dan laboratorium. Setiap tingkat memiliki peran dan akses yang berbeda, yang menunjukkan pembagian tanggung jawab dalam manajemen program TB. Super Admin, level tertinggi, dianggap memiliki otoritas penuh atas kebijakan sistem, meskipun fungsinya tidak dijelaskan secara rinci dalam data yang tersedia. Sementara itu, Unit TB Pusat, Provinsi, dan Kabupaten/Kota memiliki tugas khusus. Ini termasuk administrasi yang mengawasi semua modul, manajemen yang berkonsentrasi pada pengawasan, dan penanggung jawab data (*data officer/ DO*) bertanggung jawab atas pengelolaan data (Kemenkes RI, 2023).

Potensi berbagai tantangan mungkin dihadapi selama pelaksanaan SITB, khususnya faktor kapasitas sumber daya manusia (SDM). Pada level kabupaten/kota dan Fasyankes, sering ditemui keterbatasan SDM terlatih, khususnya untuk peran Admin dan penanggung jawab data. Hal ini dapat mengakibatkan ketidakefisienan dalam pengelolaan data dan pelaporan. Selain itu, laboratorium hanya memiliki dua grup pengguna yaitu admin dan DO, ini menunjukkan bahwa mereka tidak terintegrasi dengan sistem manajemen yang lebih luas. Aliran informasi dan koordinasi antar level dapat terhambat oleh keterbatasan ini.

Koordinasi antar level pengguna merupakan tantangan tersendiri. Contohnya fungsi manajemen di tingkat provinsi dan kabupaten/kota tidak memiliki wewenang untuk menambah jumlah user, ini dapat menyebabkan respons yang lebih lama terhadap kebutuhan operasional. Sebaliknya, orang yang bertanggung jawab untuk mengelola data seringkali tidak memiliki akses penuh ke data, yang dapat menyebabkan inkonsistensi data atau keterlambatan dalam pelaporan. Kondisi ini menunjukkan bahwa peran harus disesuaikan dan kapasitas SDM harus ditingkatkan di setiap level (*Kemenkes, 2023*). Hambatan lain selain masalah sumber daya manusia, kekurangan infrastruktur digital juga menjadi hambatan utama dalam pelaksanaan SITB. Daerah terpencil sering menghadapi masalah konektivitas internet buruk membuat akses ke sistem sulit. Laboratorium di daerah tersebut juga mungkin tidak memiliki perangkat digital yang

memadai untuk mengintegrasikan data ke dalam SITB. Pada akhirnya, ketimpangan ini dapat menyebabkan perbedaan informasi antara wilayah perkotaan dan pedesaan, yang berdampak pada kinerja program TB secara keseluruhan.

Berbagai tindakan diperlukan untuk mengatasi hambatan dalam upaya pemanfaatan SITB antara lain peningkatan kapasitas SDM melalui pelatihan berkala untuk DO dan admin di level kabupaten/kota, dan pelatihan harus mencakup teknis pengelolaan data, penggunaan SITB, dan koordinasi antar level. Penting pula untuk memperluas wewenang manajemen di level tertentu agar dapat menanggapi kebutuhan operasional dengan lebih cepat dan fleksibel.

Penerapan rekam medis elektronik (e-rekam medis) sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Nomor 24 Tahun 2022 tentang Rekam Medis. Peraturan ini menetapkan bahwa semua fasilitas pelayanan kesehatan (Fasyankes) wajib mengimplementasikan rekam medis elektronik paling lambat 31 Desember 2023. Pelaksanaan e-rekam medis akan memudahkan intergrasi data. Integrasi dengan sistem informasi penyakit tidak menular dan Pos pembinaan terpadu penyakit tidak menular (Posbindu PTM) diperlukan untuk menangani pasien TB dengan komorbid diabetes/HIV. Kondisi hiperglikemia dari fasilitas kesehatan dan profil pasien HIV dapat menjadi prediktor kuat kegagalan pengobatan. Selain itu riwayat kebiasaan seperti minum alkohol, merokok dapat menjadi faktor risiko peningkatan kegagalan pengobatan TB (Made et al., 2024).

Integrasi data perlu dilakukan untuk mendukung keberhasilan pengobatan TB. Pendekatan ini sejalan dengan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan Pasal 345, yang menyatakan bahwa Sistem Informasi Kesehatan (SIK) harus mendukung efektivitas layanan kesehatan. Selain itu, transformasi layanan primer melalui platform SATUSEHAT (berdasarkan Permenkes Nomor 24 Tahun 2022) memperkuat integrasi data rekam medis elektronik, memfasilitasi pelayanan TB yang lebih terkoordinasi dan berbasis bukti (Peraturan Menteri Kesehatan RI No 24 Tahun 2022 Tentang Rekam Medis, 2022). Integrasi dan interoperabilitas data SITB dengan data rekam medis elektronik seperti satu platform seperti SatuSehat dapat menyediakan data longitudinal pasien (riwayat obat, alergi, efek samping) yang tidak tercakup di SITB. Analisis pola penggunaan obat dari data farmasi dapat mengidentifikasi risiko interaksi obat pasien komorbid. Standardisasi format data antar fasyankes sangat diperlukan sehingga dapat

dilakukan interoperabilitas data dan mengurangi beban kerja input data berulang sehingga mengurangi risiko pelaporan data yang terlambat, sehingga data dapat diperoleh secara *real-time*.

Integrasi dengan data aplikasi kesehatan digital di Indonesia terkait pencairan pencarian gejala TB, konsultasi online, dan kepatuhan minum obat dapat dimanfaatkan sebagai tanda peringatan awal. Penelitian di Malaysia membuktikan analisis *search query* "batuk berdahak lebih dari 2 minggu" berkorelasi dengan peningkatan kasus TB 2 bulan kemudian (Nantha, 2014).

Hal ini sejalan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 18 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Satu Data di bidang Kesehatan, yang menekankan interoperabilitas data untuk perencanaan dan evaluasi program. Selain itu, Permenkes Nomor 24 Tahun 2022 tentang Rekam Medis mewajibkan integrasi data kesehatan ke platform SATUSEHAT, termasuk data SITB, untuk memastikan kelengkapan dan akurasi (Peraturan Menteri Kesehatan RI No 24 Tahun 2022 Tentang Rekam Medis). Tantangan SDM seperti kapasitas admin dan penanggung jawab data di level kabupaten/kota juga perlu diatasi melalui pelatihan berkala, sesuai rekomendasi Petunjuk Teknis SITB Kementerian Kesehatan. Berbagai rekomendasi untuk mendukung kebijakan mencakup: (1) pelatihan teknis pengelolaan data bagi SDM di fasyankes, (2) peningkatan wewenang manajemen level provinsi/kabupaten untuk respons cepat, dan (3) pemerataan infrastruktur digital seperti konektivitas internet dan perangkat pendukung. Integrasi data tetap harus mematuhi UU Nomor 27 Tahun 2022 tentang perlindungan data pribadi (UU No. 27 Tahun 2022, n.d.).

Perlu ditekankan perlunya integrasi data, pembaharuan data secara rutin berkaitan dengan signifikan data kesehatan TB, serta kelengkapan data SITB menjadi hal penting, karena ketidakadaan dan ketidak lengkapan data dapat menyebabkan terjadinya under reporting yang akan berpengaruh terhadap monitoring dan evaluasi program TB di Indonesia.

6.5.3 Kolaborasi goverment dan keterlibatan stakeholder

Kolaborasi antara pemerintah dan berbagai pemangku kepentingan merupakan komponen kunci dalam mengelola TB di Indonesia. TB tidak hanya berdampak pada kesehatan seseorang tetapi berkaitan erat dengan faktor penentu sosial-ekonomi seperti

kemiskinan, akses ke layanan kesehatan, dan pendidikan, sehingga diperlukan pendekatan multidisiplin melibatkan Kementerian Kesehatan, dinas kesehatan daerah, organisasi masyarakat, akademisi, dan sektor swasta diperlukan untuk mengoptimalkan program pengendalian TB. Dalam konteks pengembangan model prediksi berbasis *machine learning* (ML), kolaborasi ini menjadi fondasi untuk memastikan model tersebut relevan, dapat diimplementasikan, dan berkelanjutan.

Data SITB saat ini memiliki keterbatasan data determinan sosial kesehatan yang krusial. Integrasi data kependudukan dan indikator kemiskinan (BPS) dapat memperkaya analisis risiko TB, sehingga mampu mengidentifikasi klaster wilayah dengan kerentanan tinggi dari sisi kepadatan hunian dan status ekonomi keluarga. Studi di Uganda, menyatakan bahwa tingkat sosial ekonomi rendah berdampak terhadap hasil pengobatan TB (Nidoi et al., 2021). Di Indonesia, sinergi dengan Sistem Informasi Pembangunan Kesejahteraan Sosial (SIPKS) dapat memetakan hubungan antara bantuan sosial (PKH) dan kepatuhan pengobatan, sehingga berpeluang untuk peningkatan keberhasilan pengobatan.

Pengembangan model dengan tambahan data lingkungan berupa kualitas udara kelembaban, berpengaruh pada transmisi TB. Integrasi data spasial dari Badan Informasi Geospasial (<https://www.big.go.id/>) tentang kepadatan penduduk, permukiman kumuh dan peta polusi udara dapat memperkuat model prediksi. Pemanfaatan dimensi geospasial dalam program tuberculosis (TB) nasional di Indonesia memiliki potensi untuk meningkatkan efektivitas surveilans, alokasi sumber daya, dan intervensi berbasis lokasi. Data geospasial dapat memberikan catatan dalam jenis kumpulan informasi ini memiliki koordinat, alamat, kota, kode pos, atau kode zip yang disertakan di dalamnya. Prevalensi TB bervariasi secara geografis, dengan beberapa daerah memiliki angka yang lebih tinggi daripada daerah lain. Variasi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kepadatan penduduk, aksesibilitas layanan kesehatan, kondisi lingkungan (misalnya permukiman padat dan ventilasi yang buruk), dan karakteristik demografis (misalnya mobilitas penduduk). Analisis spasial dapat mengidentifikasi titik-titik TB berdasarkan kawasan TB (daerah dengan kasus TB tinggi, kepadatan penduduk, aksesibilitas layanan kesehatan dan kondisi permukiman (tingkat kelembaban) dan akses terbatas ke layanan kesehatan, sehingga dapat memprioritaskan lokasi layanan (akses) dan memprediksi daerah yang berisiko tinggi untuk penularan (Im & Kim, 2021; Noviyani et al., 2021).

Studi di Tiongkok menyimpulkan paparan polusi udara jangka panjang terhadap partikulat dengan diameter aerodinamis 10 mm (PM10) berhubungan dengan peningkatan kejadian TB, selain paparan jangka panjang terhadap sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂) secara signifikan terkait dengan kejadian TB (Xiang et al., 2021). Selain itu paparan jangka panjang polusi udara meningkatkan risiko TB. Kebiasaan merokok dan terpapar bahan bakar padat memiliki risiko empat kali lebih tinggi terkena TB dibandingkan dengan yang tidak terpapar dan tidak merokok (Aulia et al., 2023).

Kondisi geografis Indonesia memungkinkan sumber daya kesehatan di seluruh Indonesia belum merata, terutama dalam hal logistik dan diagnostik TB. Meskipun modul farmasi SITB sangat penting untuk mengelola distribusi obat TB, ketidakmerataan pasokan di daerah tertinggal dapat mengganggu kelancaran program. Pemeriksaan penunjang mendeteksi tuberkulosis secara akurat, laboratorium TB membutuhkan peralatan diagnostik mutakhir seperti GeneXpert. Namun, tidak semua daerah memiliki akses ke peralatan tersebut, sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan diagnosis dan menjalani pengobatan. Langkah penting lainnya adalah pemerataan infrastruktur digital. Pemerintah harus meningkatkan integrasi sistem laboratorium ke dalam SITB, misalnya dengan meningkatkan peran manajemen di level laboratorium untuk meningkatkan koordinasi. Selain itu, pemerintah harus memastikan bahwa semua daerah, termasuk yang terpencil, memiliki konektivitas internet yang memadai dan perangkat pendukung SITB.

Distribusi obat TB dan peralatan diagnostik harus diprioritaskan di daerah dengan kondisi tertentu, sehingga diperlukan adanya standard sarana dan prasarana yang sama sesuai level fasyankes. Kolaborasi antara pemerintah, swasta, dan organisasi internasional dapat membantu memenuhi kebutuhan ini. Selain itu, pemantauan dan evaluasi berkala terhadap implementasi SITB perlu dilakukan untuk mengidentifikasi celah dan melakukan perbaikan berkelanjutan. Analisis hasil penelitian menunjukkan SITB memiliki potensi sangat besar untuk membantu program eliminasi TB di Indonesia. Oleh karena itu untuk dapat mencapai keberhasilannya sangat bergantung pada kesiapan SDM, infrastruktur digital, dan ketersediaan sarana kesehatan yang merata. SITB dapat menjadi

alat yang lebih efektif untuk memonitor dan mengevaluasi program TB secara nasional dengan memperkuat elemen-elemen ini.

Di Indonesia, kolaborasi dengan Kominfo diperlukan untuk mengoptimalkan big data ini dengan tetap menjaga etika privasi. Informasi penting seperti malnutrisi merupakan faktor risiko TB yang sering terabaikan. Integrasi dengan data survei status gizi dan program suplementasi gizi dapat mengidentifikasi daerah dengan prevalensi stunting dan wasting tinggi yang rentan TB. Data dari Badan Ketahanan Pangan tentang kerawanan pangan dapat dimanfaatkan sebagai prediktor sekunder untuk intervensi perbaikan status nutrisi pasien TB. Sistem Informasi Administrasi Kependudukan dan data informasi lokasi tempat tinggal dari operator telekomunikasi dapat melacak pola migrasi pekerja yang berisiko sebagai carrier TB. Integrasi ini esensial untuk mengantisipasi penularan lintas wilayah, terutama di daerah industri dan perkotaan padat. Data pekerja sektor informal (kuli bangunan, buruh pabrik) dari BPJS Ketenagakerjaan dapat mengungkap kluster TB di lokasi kerja.

Rekomendasi kolaborasi multisektoral sangat penting dalam pengendalian TB, kolaborasi dan kerja sama lintas sektoral antara Kementerian Kesehatan, Kominfo, BPJS Ketenagakerjaan, dan organisasi masyarakat. Integrasi dan interoperabilitas aplikasi kesehatan digital dan data operator telekomunikasi berpotensi untuk memantau migrasi pekerja sebagai pembawa TB, sementara sinergi dengan program rumah sehat dan bantuan sosial dapat berkontribusi untuk mengurangi faktor penentu sosial TB. Pendekatan ini didukung oleh UU No. 23/2014 tentang Pemerintah Daerah, yang mengatur kewenangan pemerintah pusat dan daerah dalam upaya kesehatan. Model *Public-Private Mix* juga perlu diperkuat melalui pemberian insentif untuk fasilitas kesehatan swasta, seperti yang direkomendasikan oleh Global Tuberculosis Report 2023 (UU No. 23 Tahun 2014). Keterlibatan Kementerian Pendidikan dalam pendidikan TB dan partisipasi Kominfo dalam kampanye digital berbasis data lokal (sebagaimana diuraikan dalam UU No. 17 Tahun 2023 Pasal 345) berpotensi memperluas jangkauan intervensi dalam upaya mendukung keberhasilan program TB di Indonesia (UU No. 17 Tahun 2023).

6.5.4 Transformasi kesehatan Indonesia

Hasil penelitian ini mengembangkan model prediksi ML untuk prediksi keberhasilan pengobatan TB memiliki implikasi signifikan terhadap transformasi kesehatan di Indonesia, selaras dengan pencanangan enam pilar transformasi kesehatan oleh Kemenkes RI. Berdasarkan pilar pertama, pilar layanan primer dengan target penguatan puskesmas dan deteksi dini keberhasilan pengobatan TB. Model prediksi keberhasilan pengobatan dapat diintegrasikan ke dalam sistem pelayanan nasional mencakup layanan primer, sekunder dengan status kepemilikan pemerintah maupun swasta untuk meningkatkan manajemen kasus TB. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) No. 67 Tahun 2016 tentang Penanggulangan TB menekankan pentingnya peran puskesmas dalam penemuan kasus dan pengobatan TB (Permenkes No. 67 Tahun 2016). Pemanfaatan aplikasi prediksi dari model ML RF, petugas kesehatan dapat mengidentifikasi pasien berisiko tinggi gagal pengobatan berdasarkan variabel seperti pemeriksaan TCM, kepadatan penduduk, dan status komorbid. Hal ini sejalan dengan Peraturan Presiden No. 72 Tahun 2020 tentang pembiayaan anggaran untuk mendukung percepatan penanggulangan TB dengan mendorong dan memanfaatkan inovasi teknologi dalam penanganan TB (PERPRES No. 72 Tahun 2020).

Sesuai dengan pilar kedua transformasi kesehatan, pilar layanan rujuk perlu adanya optimalisasi rujukan berbasis risiko. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pasien menjalani pengobatan di layanan sekunder mempunyai tingkat keberhasilan lebih tinggi, hal ini mungkin dapat menjadi landasan perlunya implementasi standarisasi mutu pelayanan dasar sesuai dengan Permenkes no 4 tahun 2019, mengatur sistem rujukan berbasis kebutuhan pasien (Permenkes No 4 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis Pelayanan Dasar Pada Standar Pelayanan Minimal Bidang Kesehatan - TP2S, n.d.). Model prediksi keberhasilan ini dapat dimanfaatkan dalam memprioritaskan rujukan pasien dengan faktor risiko tinggi seperti situasi tempat tinggal, riwayat penyakit komorbid sehingga dapat mengurangi beban sistem rujukan sekunder.

Selaras dengan pilar sistem kesehatan digital yaitu integrasi AI dalam SITB. Penelitian ini mendukung transformasi digital kesehatan dengan mengembangkan model prediksi yang berpotensi untuk diintegrasikan ke dalam SITB. Pengembangan model prediksi ini merupakan salah satu bentuk nyata realisasi Peraturan Menteri Kesehatan No.

24 Tahun 2022 tentang rekam medis elektronik sebagai landasan hukum penggunaan teknologi AI dalam sistem kesehatan. Pemanfaatan fitur penting seperti pemeriksaan TCM dan riwayat penyakit komorbid, aplikasi prediksi dapat menjadi alat bantu untuk pengambilan keputusan tenaga kesehatan dalam memantau keberhasilan pengobatan TB.

Terkait dengan pembiayaan kesehatan, pemanfaatan model prediksi keberhasilan TB berpotensi untuk efisiensi dan optimalisasi alokasi dana TB dengan memfokuskan program dan intervensi pada pasien berisiko tinggi. Efisiensi alokasi dana merupakan salah satu penerapan pelaksanaan dari Undang-Undang no 36 tahun 2009 yang saat ini menjadi Undang-Undang No. 17 tahun 2023 tentang kesehatan (UU No. 17 Tahun 2023, n.d.). penyelenggaraan pelayanan kesehatan harus bertanggung jawab, aman, bermutu, merata, dan nondiskriminatif. Selain itu berdasarkan Peraturan BPJS Kesehatan no 3 tahun 2024 manajemen penyakit kronis perlu dilakukan pendekatan berbasis risiko untuk efisiensi pembiayaan (Peraturan BPJS Kesehatan No. 3 Tahun 2024). Beberapa contoh terkait hal ini antara lain pasien TB tanpa adanya PMO perlu dilakukan pendampingan intensif untuk mencegah putus berobat, melakukan skrining TB secara rutin pada pasien dengan komorbid DM maupun HIV.

Program penguatan SDM terkait kemampuan pemanfaatan teknologi dan pembelajaran berkelanjutan perlu dilakukan untuk menunjang transformasi kesehatan, serta meningkatkan kompetensi dan kualitas tenaga kesehatan. Pemahaman dan tingkat pengetahuan terkait penyakit TB, faktor risiko dan faktor prediktif utama dalam penunjang keberhasilan pengobatan TB diperlukan oleh tenaga kesehatan agar dapat memberikan edukasi tepat sasaran. Permenkes No.14 tahun 2024 terdapat ketentuan standar pendidikan berkelanjutan tenaga kesehatan, dinyatkan peningkatan kompetensi digital tenaga kesehatan merupakan prioritas (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2024 Tentang Rumah Sakit Pendidikan Penyelenggara Utama).

Inovasi dari penelitian ini adalah pengembangan aplikasi prediksi keberhasilan pengobatan TB berbasis web sesuai dengan Permenkes RI No 20 tahun 2019 tentang penyelenggaraan pelayanan telemedicine antar fasilitas pelayanan kesehatan dan UU kesehatan No 17 tahun 2023 (Permenkes No. 20 Tahun 2019, n.d.; UU No. 17 Tahun 2023). Telemedicine merupakan pemberian dan fasilitasi layanan klinis melalui

telekomunikasi dan teknologi komunikasi digital yang meliputi pertukaran informasi diagnosis, pengobatan, pencegahan penyakit dan cedera, penelitian dan evaluasi, dan pendidikan berkelanjutan penyedia layanan kesehatan untuk kepentingan peningkatan kesehatan individu dan masyarakat. Berpedoman pada kedua dasar hukum ini memberikan dasar pengembangan dan pemanfaatan alat digital dalam pelayanan kesehatan. Aplikasi prediksi ini sangat berpeluang untuk dilanjutkan dengan tahap pengembangan lebih lanjut dan kolaborasi dengan startup kesehatan untuk mengembangkan solusi digital terintegrasi dan interoperabilitas dengan Satu Sehat.

Pencapaian eliminasi TB di Indonesia selain transformasi digital di bidang kesehatan seperti inovasi ML, perlu juga adanya suatu tindakan komprehensif seperti kebijakan kesehatan dan transformasi *leadership* (kepemimpinan). Kepimpinan transformasional dengan empat pilar utama yaitu *idealized influence, inspirational motivation, intellectual stimulation, individualized consideration* diperlukan dan sangat relevan dalam membentuk komitmen multisectoral penanggulangan TB di Indonesia (Lundberg, 2025). Tantangan pola kepemimpinan ini akan lebih besar di tingkat nasional karena adanya kendala birokrasi dan fragmentasi wewenang antara pemerintah daerah dan pusat, tetapi pola kepemimpinan ini dapat diadopsi lebih mudah di tingkat wilayah yang lebih kecil untuk meningkatkan kolaborasi lintas dinas.

Partisipasi aktif dari tenaga kesehatan sangat diperlukan untuk menunjang keberhasilan program TB. Pendekatan menggunakan *self-determination theory* (SDT) memberikan perspektif baru peran serta aktif tenaga medis. SDT memberikan kerangka yang komprehensif untuk memahami motivasi, serta menggabungkan aspek psikologi, budaya dan sosial. SDT menekankan interaksi antara kebutuhan bawaan dan dukungan lingkungan, kebutuhan psikologis dasar dan motivasi autonom untuk kinerja dan kesejahteraan, baik dalam organisasi maupun kehidupan sehari-hari. Berdasarkan teori ini, seorang pemimpin perlu mendukung otonomi karyawan melalui umpan balik konstruktif, partisipasi dalam pengambilan keputusan, dan menghindari kontrol berlebihan (Forner et al., 2020; Ryan & Deci, 2020).

Keberhasilan transformasi digital di bidang kesehatan dipengaruhi oleh integrasi berbagai hal seperti kepemimpinan visioner, inovasi teknologi dengan dukungan kebijakan yang komprehensif. Tiga kerangka kerja perlu dikembangkan dan diintegrasikan dalam pelaksanaannya meliputi dimensi teknis melalui pengembangan

model ML dan aplikasi, dimensi manusia melalui peningkatan kapasitas dan kompetensi berbasis SDT dan dimensi institusi melalui penguatan level pemerintah melalui kolaborasi *quadruple helix* (Carayannis & Campbell, 2021). *Quadruple Helix* memfokuskan tata kelola inklusif dan kemitraan multidimensi untuk mendorong pembangunan berkelanjutan.

Kemitraan antara pemerintah, akademisi, industri/bisnis serta masyarakat. *Quadruple Helix* dapat memperluas peran pemerintah tidak hanya sebagai regulator tetapi menjadi pemicu atau perantara inovasi melalui sistem kemitraan. Implementasinya membutuhkan keterbukaan, fleksibilitas, dan komitmen jangka panjang. Implikasi kebijakan penelitian ini dapat mencakup berbagai hal, seperti penguatan layanan primer, optimalisasi rujukan, integrasi sistem digital, efisiensi pembiayaan, peningkatan sumber daya manusia, dan inovasi teknologi. Berlandaskan dasar hukum yang jelas, model prediksi ini dapat dipertimbangkan sebagai bagian dari strategi nasional untuk mempercepat eliminasi TBC di Indonesia, sekaligus mendukung transformasi kesehatan yang lebih luas.

6.6 Tantangan Implementasi Aplikasi

Implementasi aplikasi berbasis *machine learning* (ML) di berbagai industri menghadirkan tantangan yang beragam, baik dari sisi teknis maupun non-teknis. Untuk memaksimalkan potensi ML dalam aplikasi praktis, pengembang harus dapat mengidentifikasi dan mengatasi berbagai hambatan yang ada. Penerapan model prediksi ini ditargetkan dimanfaatkan di layanan kesehatan primer dan sangat relevan mengingat peran puskesmas sebagai garda terdepan dalam pengendalian TB di Indonesia. Puskesmas memiliki akses langsung ke masyarakat, sehingga model ini dapat digunakan untuk identifikasi dini pasien yang berisiko tinggi mengalami kegagalan pengobatan. Model ini berpotensi untuk diintegrasikan ke dalam Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB), sehingga dapat digunakan untuk memanfaatkan data pasien secara real time, termasuk karakteristik demografi, riwayat pengobatan, dan hasil pemeriksaan klinis. Selain itu, penggunaan algoritma random forest yang stabil terhadap data yang hilang juga berpotensi untuk beradaptasi dengan keterbatasan kelengkapan data di fasilitas kesehatan primer. Implementasi ini tampaknya sejalan dengan kebijakan transformasi

digital Kementerian Kesehatan, khususnya platform SatuSehat, yang berpotensi menjadi platform untuk mengintegrasikan model prediksi agar dapat digunakan secara luas.

Integrasi model prediksi ke dalam SITB menawarkan peluang signifikan dalam memperkuat surveilans dan manajemen kasus TB. SITB terstruktur secara hirarkis dapat digunakan untuk mendistribusikan prediksi risiko kegagalan pengobatan dari tingkat pusat ke tingkat fasilitas kesehatan. Sebagai contoh, fitur notifikasi berbasis risiko dapat dikembangkan untuk memberi tahu petugas kesehatan tentang pasien yang memerlukan intervensi intensif. Tantangan seperti kesenjangan infrastruktur digital dan kapasitas sumber daya manusia di daerah terpencil perlu diatasi melalui pelatihan berbasis *self determination theory* untuk memotivasi tenaga kesehatan dalam adopsi teknologi. Kolaborasi dengan berbagai sektor, salah satunya operator telekomunikasi juga dapat menjangkau daerah dengan konektivitas terbatas melalui solusi offline-first dan memungkinkan sinkronisasi data ketika jaringan tersedia.

Pemerintah disarankan untuk mempertimbangkan cara-cara untuk memperkuat kapasitas digital tenaga kesehatan melalui pelatihan berbasis *hybrid learning* dan uji coba mengintegrasikan model prediksi ke dalam kebijakan TB nasional, termasuk merevisi pedoman dan alokasi anggaran khusus. Kolaborasi quadruple helix yang melibatkan akademisi, industri, masyarakat, dan instansi terkait (seperti Kementerian PUPR dan Kementerian Sosial) memiliki potensi untuk mengatasi faktor penentu sosial dari TB, sementara skema pembiayaan berbasis kinerja dapat mendorong inovasi dan pembaharuan model.

Oleh karena itu, untuk memastikan keberlanjutan model ini, disarankan untuk membentuk tim pemantau independen untuk uji coba model dan mengevaluasi dampak model ini terhadap hasil pengobatan, seperti peningkatan angka keberhasilan TB maupun penurunan kasus resistan terhadap obat. Pendekatan holistik yang menggabungkan aspek teknis, klinis, dan kebijakan memiliki potensi untuk mempercepat target eliminasi TB tahun 2030, dengan teknologi dan kepemimpinan transformasional yang dapat mendorong peningkatan layanan kesehatan primer. Dalam konteks ini, model 5M (*Man, Money, Machine, Method, Market*) menjadi acuan yang berguna untuk menganalisis faktor-faktor kunci yang dapat memengaruhi kesuksesan implementasi teknologi tersebut. Berikut ini adalah beberapa tantangan utama yang perlu diperhatikan dalam mengimplementasikan aplikasi pembelajaran mesin:

1. Sumber Daya Manusia

Implementasi ML dalam aplikasi seringkali menghadapi tantangan terkait keterbatasan sumber daya manusia yang memiliki pengetahuan teknis yang cukup. Sumber daya manusia yang kompeten dalam hal pemahaman algoritma, pemrograman, dan optimasi model ML masih terbatas. Selain itu, terdapat perbedaan tingkat pemahaman antara tim pengembang aplikasi, tim data scientist, dan stakeholders lainnya. Hal ini dapat menghambat komunikasi dan kolaborasi yang efektif dalam pengembangan aplikasi ML (Novitri Waruwu et al., 2024).

2. Biaya

Pengimplementasian ML dalam aplikasi memerlukan biaya yang cukup besar, baik untuk infrastruktur komputasi maupun untuk pengumpulan dan pembersihan data. Penggunaan *hardware* dan *software* canggih serta alat analisis data untuk mendukung model ML memerlukan investasi yang signifikan. Selain itu, biaya untuk pelatihan dan rekrutmen tenaga ahli dalam bidang ML menjadi pertimbangan tambahan (Saputro & Sigit Pramudyo, 2022).

3. Teknologi dan Infrastruktur

Teknologi dan infrastruktur yang digunakan untuk mengimplementasikan aplikasi ML menjadi salah satu tantangan utama. Aplikasi ML memerlukan kemampuan komputasi tinggi, penyimpanan data besar, serta perangkat keras yang sesuai untuk menjalankan algoritma yang kompleks. Salah satu tantangan besar adalah menyesuaikan infrastruktur dengan kebutuhan aplikasi ML secara real-time tanpa mengalami penurunan kinerja atau biaya yang tinggi (Judijanto et al., 2024)

4. Metode dan Algoritma

Pemilihan algoritma ML yang tepat sesuai dengan permasalahan yang ada merupakan tantangan penting. Algoritma yang tidak sesuai atau terlalu kompleks untuk data yang digunakan bisa mengarah pada *overfitting* atau *underfitting*, yang akhirnya mengurangi akurasi dan keandalan aplikasi. Selain itu, pembelajaran mendalam (*deep learning*) atau metode lain yang sangat bergantung pada volume data besar dan waktu pemrosesan yang panjang juga dapat menjadi kendala dalam penerapannya (Rhondani & Sulistyorini, 2020).

5. Penerimaan Pasar

Meskipun aplikasi berbasis ML dapat memberikan manfaat besar, tantangan terbesar dalam implementasinya adalah penerimaan pasar. Pengguna atau konsumen seringkali skeptis terhadap teknologi baru, terutama yang terkait dengan keputusan otomatis yang dihasilkan oleh model ML. Keberhasilan aplikasi ML juga bergantung pada sejauh mana pasar menerima teknologi ini dan mempercayai keputusan yang diambil oleh model (Karmani et al., 2024).

6.7 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini menggunakan database yang diinput dalam SITB, sehingga aplikasi untuk prediksi keberhasilan pengobatan TB berdasarkan variabel yang ada di SITB. Terkait data situasi tempat tinggal menggunakan data kepadatan penduduk kota/kabupaten. Di luar data set tersebut kemungkinan adanya bias dalam pemanfaatan aplikasi prediksi keberhasilan pengobatan sehingga diperlukan data kepadatan tingkat kelurahan untuk hasil yang lebih akurat. Selain itu model pembelajaran mesin yang dibuat mungkin belum sepenuhnya mencakup semua faktor sosial-ekonomi, efek samping OAT, kondisi psikososial pasien, stigma yang dapat memengaruhi keberhasilan pengobatan sehingga perlu dilakukan pengembangan model dengan data tambahan dan uji coba tambahan dengan *setting real-time*.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan khusus penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Variabel yang berkaitan dengan faktor-faktor penentu keberhasilan terapi berdasarkan data SITB diantaranya TCM, pemeriksaan klinis, dan jenis fasyankes, terkait dimensi sosioekonomi (situasi tempat tinggal), dimensi pasien (usia, IMT) merupakan fitur penting prediksi keberhasilan pengobatan TB berbasis SHAP.
2. *Supervised learning* dengan model algoritma *Random Forest* menggunakan data kategorik menunjukkan kinerja terbaik & akurasi tertinggi dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB.
3. Aplikasi prediksi representasi model ML mampu memberikan kinerja baik dalam prediksi keberhasilan pengobatan sehingga dapat membantu tenaga kesehatan dalam mengambil keputusan, evaluasi dan monitoring pengobatan.

7.2 Saran

1. Pemerintah perlu mengembangkan kebijakan nasional dan integrasi teknologi dengan langkah memperkuat integrasi SITB dengan sistem kesehatan digital nasional (seperti SATUSEHAT) dan memperluas penggunaan model prediktif berbasis AI di fasilitas kesehatan primer. Perlu adanya suatu penghubung sehingga aplikasi prediksi ini dapat bersinergi dengan SITB, dan dilakukan uji coba aplikasi di beberapa Puskesmas sebagai percontohan untuk evaluasi kinerja aplikasi. Pelatihan tenaga kesehatan dalam pemanfaatan alat ini harus menjadi prioritas untuk meningkatkan adopsi teknologi.
2. Program TB nasional harus fokus pada intervensi berbasis bukti untuk kelompok risiko tinggi (misalnya pasien dengan komorbid diabetes atau kondisi sosial-ekonomi rendah), termasuk pendampingan keluarga dan insentif untuk kepatuhan pengobatan. Kolaborasi lintas sektor (Kemenkes, Kemendes, Kemnaker) diperlukan untuk menjangkau populasi rentan, seperti pekerja sektor informal.

3. Perlu optimalisasi pengisian data SITB melalui pelatihan petugas dan intensif pelaporan *real time*. Pemerintah daerah harus didorong untuk melakukan analisis data berkala guna identifikasi kesenjangan pelayanan dan alokasi sumber daya yang tepat.
4. Diperlukan studi lainnya mencakup lebih banyak variabel data dan uji coba klinis model ML di lapangan. Guna meningkatkan keakuratan prediksi ML di Indonesia, pengembangan algoritma mungkin perlu mempertimbangkan variabel lokal, seperti kearifan budaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkader, M., Van Aken, I., Niguse, S., Hailekiros, H., & Spigt, M. (2019). Treatment outcomes and their trend among tuberculosis patients treated at peripheral health settings of Northern Ethiopia between 2009 and 2014: a registry-based retrospective analysis. *BMC Research Notes*, 12, 1–5. <https://doi.org/10.21203/rs.2.11942/v4>
- Abebe, G., Bonga, Z., & Kebede, W. (2019). Treatment outcomes and associated factors in tuberculosis patients at Jimma University Medical Center: a 5-year retrospective study. *The International Journal of Mycobacteriology*, 8(1), 35–41. https://doi.org/10.4103/ijmy.ijmy_177_18
- Ahamed Fayaz, S., Babu, L., Paridayal, L., Vasantha, M., Paramasivam, P., Sundarakumar, K., & Ponnuraja, C. (2024). Machine learning algorithms to predict treatment success for patients with pulmonary tuberculosis. *PLOS ONE*, 19(10), e0309151. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309151>
- Ahdiyah, N. N., Andriani, M., & Andriani, L. (2022). Tingkat Kepatuhan Penggunaan Obat Anti Tuberkulosis Pada Pasien TB Paru Dewasa Di Puskesmas Putri Ayu. *Lambung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 3(1), 23. <https://doi.org/10.31764/lf.v3i1.6817>
- Alharbi, F., Bahnassi, A., & Alonazie, W. (2016). Attitude, knowledge and experience of hospital pharmacists with pharmacovigilance in a region in Saudi Arabia: A cross-sectional study. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15(8), 1773–1779. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v15i8.25>
- Amkongo, M., Mitonga, H. K., Alfeus, A., Shipingana, L. N. N., Keendjele, T., Eelu, H., & Nashihanga, T. (2023). Factors associated with the unsuccessful TB treatment outcomes in the northern regions of Namibia: a mixed methods study. *BMC Infectious Diseases*, 23(1), 342. <https://doi.org/10.1186/s12879-023-08268-y>
- Andriati, R., & Sudrajat, ajat. (2020a). ANALISIS FAKTOR KEPATUHAN TERAPI OBAT ANTI TUBERKULOSIS KOMBINASI DOSIS TETAP PADA PENDERITA TUBERKULOSIS DI PUSKESMAS SERPONG 1 KOTA TANGERANG SELATAN. *Edu Dharma Journal: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 53–77. <https://doi.org/10.52031/EDJ.V4I2.60>

- Andriati, R., & Sudrajat, A. (2020b). Analisis Faktor Kepatuhan Terapi Obat Anti Tuberkulosis Kombinasi Dosis Tetap Pada Penderita Tuberkulosis Di Puskesmas Serpong 1 Kota Tangerang Selatan. *Edu Dharma Journal: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 53. <https://doi.org/10.52031/edj.v4i2.60>
- Arzit, H., Erianti, S., Studi Keperawatan STIKes Hang Tuah Pekanbaru Corresponding Author, P., Arzit Program Studi Keperawatan, H., & Hang Tuah Pekanbaru, Stik. (n.d.). *HUBUNGAN SELF EFFICACY DENGAN KEPATUHAN MINUM OBAT PADA PASIEN TB PARU*. www.jurnalmedikahutama.com
- Asad, M., Mahmood, A., & Usman, M. (2020). A machine learning-based framework for Predicting Treatment Failure in tuberculosis: A case study of six countries. *Tuberculosis (Edinburgh, Scotland)*, 123(September 2019), 101944. <https://doi.org/10.1016/j.tube.2020.101944>
- Astuti, E. A., Sriatmi, A., & Kusumastuti, W. (2022). Determinants Of Treatment Adherence In Drug-Sensitive Tuberculosis Patients During The Covid-19 Pandemic. *Interest : Jurnal Ilmu Kesehatan*, 11(1), 89–100. <https://doi.org/10.37341/interest.v0i0.478>
- Aulia, S., Ramli, E., & Chandra, F. (2023). *Hubungan Kadar Polusi Udara dengan Kejadian Tuberkulosis di Kota Pekanbaru Tahun 2015 sampai dengan 2020*. <https://doi.org/10.26891/JIK.v17i1.2023>
- Azur, M. J., Stuart, E. A., Frangakis, C., & Leaf, P. J. (2016). Multiple imputation by chained equations: what is it and how does it work? *International Journal of Methods in Psychiatric Research*, 20(1), 40. <https://doi.org/10.1002/MPR.329>
- Baker, M. A., Harries, A. D., Jeon, C. Y., Hart, J. E., Kapur, A., Lönnroth, K., Ottmani, S. E., Goonesekera, S. D., & Murray, M. B. (2011). The impact of diabetes on tuberculosis treatment outcomes: A systematic review. *BMC Medicine*, 9. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-9-81>
- Balakrishnan, V., Ramanathan, G., Zhou, S., & Wong, C. (2023). Optimized support vector regression predicting treatment duration among tuberculosis patients in Malaysia. *Multimedia Tools and Applications*, 83, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-16028-y>

- Bergstra, J., Ca, J. B., & Ca, Y. B. (2012). Random Search for Hyper-Parameter Optimization Yoshua Bengio. *Journal of Machine Learning Research*, 13, 281–305. <http://scikit-learn.sourceforge.net>.
- Berhan, A., Almaw, A., Solomon, Y., Legese, B., Damtie, S., Erkihun, M., Alebachew, Z., Eyayu, T., Abeje, G., & Getie, B. (2023). Tuberculosis treatment outcome and associated factors among tuberculosis patients linked to tuberculosis treatment clinics in Ethiopia, 2023: a multi-center retrospective study. *Infection and Drug Resistance*, 3367–3378. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/IDR.S413272>
- Biruk, M., Yimam, B., Abrha, H., Biruk, S., & Amdie, F. Z. (2016). Treatment outcomes of tuberculosis and associated factors in an Ethiopian University Hospital. *Advances in Public Health*, 2016(1), 8504629. <https://doi.org/10.1155/2016/8504629>
- BPOM RI. (2022). *Peraturan BPOM No 15 tahun 2022 tentang Farmakovigilans*.
- Cabitza, F., Campagner, A., Soares, F., García de Guadiana-Romualdo, L., Challa, F., Sulejmani, A., Seghezzi, M., & Carobene, A. (2021). The importance of being external. methodological insights for the external validation of machine learning models in medicine. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 208(2021), 106288. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106288>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2021). Democracy of Climate and Climate for Democracy: the Evolution of Quadruple and Quintuple Helix Innovation Systems. *Journal of the Knowledge Economy*, 12(4), 2050–2082. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00778-x>
- Chai, Q., Zhang, Y., & Liu, C. H. (2018). Mycobacterium tuberculosis: An adaptable pathogen associated with multiple human diseases. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 8(MAY), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2018.00158>
- Chenciner, L., Annerstedt, K. S., Pescarini, J. M., & Wingfield, T. (2021). Social and health factors associated with unfavourable treatment outcome in adolescents and young adults with tuberculosis in Brazil: a national retrospective cohort study. *The Lancet Global Health*, 9(10), e1380–e1390.
- Chiclana, F., García, J. M. T., del Moral, M. J., & Herrera-Viedma, E. (2015). Analyzing consensus measures in group decision making. *Procedia Computer Science*, 55, 1000–1008.

- Chilyabanyama, R., Kamanga, N., & Mwandia, J. N. (2024). Factors associated with tuberculosis treatment outcomes among TB patients aged 15 years and older at chawama level one hospital in Lusaka, Zambia. *Global Public Health*, 19(1), 2307979. <https://doi.org/10.1080/17441692.2024.2307979>
- Chinagudaba, S. N., Gera, D., Dasu, K. K. V., S, U. S., K, K., Singarajpure, A., U, Shivayogappa, N, S., Chadda, V. K., & N, S. B. (2024). *Predictive Analysis of Tuberculosis Treatment Outcomes Using Machine Learning: A Karnataka TB Data Study at a Scale*. <http://arxiv.org/abs/2403.08834>
- Chollet, F. (2017). Machine learning 분야 소개 및 주요 방법론 학습 기본 machine learning 알고리즘에 대한 이해 및 응용 관련 최신 연구 동향 습득. In *Machine Learning* (Vol. 45, Issue 13). <https://books.google.ca/books?id=EoYBngEACAAJ&dq=mittchell+machine+learning+1997&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiomdqfj8TkAhWGslkKHRCbAtoQ6AEIKjAA>
- Data, M. I. T. C., Komorowski, M., Marshall, D. C., Saliccioli, J. D., & Crutain, Y. (2016). Exploratory data analysis. *Secondary Analysis of Electronic Health Records*, 185–203.
- Dedeh Komariah, E., Gunawan Hamid, O., Ario Garus, V., Stella Maris Makassar Alamat Korespondensi, S., Maipa No, J., & Stella Maris Makassar, S. (2023). PERAN PMO DAN KEPATUHAN MINUM OBAT PADA PASIEN TUBERKOLOSIS PARU. In *Journal| Watson Journal of Nursing* (Vol. 2, Issue 1).
- Deniati, E. N., Riono, P., & Farid, M. N. (2022). District characteristics: Household economic status of families diagnosed with tuberculosis in Indonesia. *Journal of Public Health in Africa*, 13(s2), 21–24. <https://doi.org/10.4081/jphia.2022.2401>
- Diesty, U. A. F., Tjekyan, RM. S., & Zulkarnain, M. Z. (2020). Medical Compliance Determinants for Tuberculosis Patients in Palembang. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 11(3), 272–284. <https://doi.org/10.26553/jikm.2020.11.3.272-284>
- DIREKTORAT JENDERAL PELAYANAN KESEHATAN KEMENTERIAN KESEHATAN. (2020). *Petunjuk Teknis Integrasi Data TB*. <https://tbindonesia.or.id/wp-content/uploads/2021/06/SE-No-HK0201-MENKES->

660-2020-ttg-Kewajiban-FASYANKES-Dalam-Melakukan-Pencatatan-dan-Pelaporan-Kasus-Tuberkulosis-1.pdf

Dirjen P2P. (2005). *Laporan Program Penanggulangan Tuberkulosis Tahun 2022* .

Dirjen P2P. (2022). Laporan Program Penanggulangan Tuberkulosis Tahun 2021. *Kemenkes RI*, 1–147. https://tbindonesia.or.id/pustaka_tbc/laporan-tahunan-program-tbc-2021/

Dwiningrum, R., Wulandari, R. Y., & Yunitasari, E. (2021). Hubungan Pengetahuan dan Lama Pengobatan TB Paru dengan Kepatuhan Minum Obat pada Pasien TB Paru Di Klinik Harum Melati. *Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 6. <https://doi.org/10.30604/jika.v6iS1.788>

EMC Education Services. (2015). Data Science & Big Data Analytics. In *Data Science & Big Data Analytics*. <https://doi.org/10.1002/9781119183686>

Faye, L. M., Hosu, M. C., Iruedo, J., Vasaikar, S., Nokoyo, K. A., Tsuro, U., & Apalata, T. (2023). Treatment outcomes and associated factors among tuberculosis patients from selected rural eastern cape hospitals: An ambidirectional study. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 8(6), 315. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed8060315>

Fitri, D. L., Marlindawani, J., & Purba, A. (2018). Kepatuhan Minum Obat pada Pasien Tuberkulosis Paru. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 7(1), 33–42.

Fitri, L. D. (2018). Kepatuhan Minum Obat pada Pasien Tuberkulosis Paru. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 7(01), 33–42. <https://doi.org/10.33221/jikm.v7i01.50>

Forner, V. W., Jones, M., Berry, Y., & Eidenfalk, J. (2020). Motivating workers: how leaders apply self-determination theory in organizations. *Organization Management Journal*, 18(2), 76–94. <https://doi.org/10.1108/OMJ-03-2020-0891>

Garashi, H. Y., Steinke, D. T., & Schafheutle, E. I. (2022). A Systematic Review of Pharmacovigilance Systems in Developing Countries Using the WHO Pharmacovigilance Indicators. *Therapeutic Innovation and Regulatory Science*, 56(5), 717–743. <https://doi.org/10.1007/s43441-022-00415-y>

García-Laencina, P. J., Abreu, P. H., Abreu, M. H., & Afonso, N. (2015). Missing data imputation on the 5-year survival prediction of breast cancer patients with unknown discrete values. *Computers in Biology and Medicine*, 59, 125–133. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2015.02.006>

- García-Laencina, P. J., Sancho-Gómez, J. L., Figueiras-Vidal, A. R., & Verleysen, M. (2015). K nearest neighbours with mutual information for simultaneous classification and missing data imputation. *Neurocomputing*, 72(7–9), 1483–1493. <https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2008.11.026>
- Gilmour, B., Xu, Z., Bai, L., Alene, K. A., & Clements, A. C. A. (2022). Risk factors associated with unsuccessful tuberculosis treatment outcomes in Hunan Province, China. *Tropical Medicine & International Health*, 27(3), 290–299. <https://doi.org/10.1111/tmi.13720>
- Girishbhai Patel, D., Baral, T., Jacob Kurian, S., Malakapogu, P., Saravu, K., & Sekhar Miraj, S. (2024). Nutritional status in patients with tuberculosis and diabetes mellitus: A comparative observational study. *Journal of Clinical Tuberculosis and Other Mycobacterial Diseases*, 35(March 2024). <https://doi.org/10.1016/j.jctube.2024.100428>
- Global Tuberculosis Report 2023*. (2023). World Health Organization.
- Gordon, S. V., & Parish, T. (2018). Microbe profile: Mycobacterium tuberculosis: Humanity's deadly microbial foe. *Microbiology (United Kingdom)*, 164(4), 437–439. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000601>
- Güner, M. D., & Ekmekci, P. E. (2019). Healthcare professionals' pharmacovigilance knowledge and adverse drug reaction reporting behavior and factors determining the reporting rates. *Journal of Drug Assessment*, 8(1), 13–20. <https://doi.org/10.1080/21556660.2019.1566137>
- Hamidi, S., Raharjo, S. S., & Wijaya, M. (2019). Path Analysis on the Determinants of Adherence to Anti Tuberculosis Drug Treatment in Kaur District, Bengkulu, Indonesia. *Journal of Epidemiology and Public Health*, 4(3), 205–214. <https://doi.org/10.26911/jepublichealth.2019.04.03.08>
- Hanifah, D. A., & Siyam, N. (2021). Faktor Yang Berhubungan Dengan Status Kesembuhan Tuberkulosis Paru Pada Usia Produktif (15-49 Tahun). *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition*, 1(3), 523–532. <https://doi.org/10.15294/IJPHN.V1I3.45913>
- Harfiani, E., . M., & Nurhakim, A. D. (2020). Faktor Apa Yang Mempengaruhi Rendahnya Tingkat Pengobatan Tuberkulosis di Lagoa Jakarta? *JURNAL ILMIAH KESEHATAN MASYARAKAT: Media Komunikasi Komunitas Kesehatan Masyarakat*, 12(3), 110–117. <https://doi.org/10.52022/jikm.v12i3.80>

- Hayati, S. (2019). Indonesian Journal of Global Health Research. *Indonesian Journal of Global Health Research*, 2(4). <https://doi.org/10.37287/ijghr.v2i4.250>
- Hayre, K., Takele, M. K., & Birri, D. J. (2024). Tuberculosis treatment outcomes and associated factors at Alemgena Health Center, Sebeta, Oromia, Ethiopia. *Plos One*, 19(5), e0303797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0303797>
- Hendrawan, D., Nurcahyo, C., & Afdal, A. (2021). Pelayanan Primer yang Berkualitas: Sebuah Tinjauan Literatur. *Jurnal Jaminan Kesehatan Nasional*, 1(1), 1–14. <https://doi.org/10.53756/jjkn.v1i1.13>
- Ho, S. Y., Phua, K., Wong, L., & Bin Goh, W. W. (2020). Extensions of the External Validation for Checking Learned Model Interpretability and Generalizability. *Patterns*, 1(8), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100129>
- Horton, K. C., MacPherson, P., Houben, R. M. G. J., White, R. G., & Corbett, E. L. (2016). Sex Differences in Tuberculosis Burden and Notifications in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review and Meta-analysis. *PLoS Medicine*, 13(9). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PMED.1002119>
- Hussain, O. A., & Junejo, K. N. (2019). Predicting treatment outcome of drug-susceptible tuberculosis patients using machine-learning models. *Informatics for Health and Social Care*, 44(2), 135–151. <https://doi.org/10.1080/17538157.2018.1433676>
- Imam, F., Sharma, M., Obaid Al-Harbi, N., Rashid Khan, M., Qamar, W., Iqbal, M., Daud Ali, M., Ali, N., & Khalid Anwar, M. (2021). The possible impact of socioeconomic, income, and educational status on adverse effects of drug and their therapeutic episodes in patients targeted with a combination of tuberculosis interventions. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(4), 2041–2048. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.004>
- Irawan, G. C., Margawati, A., & Rosidi, A. (2017). Underweight increases the risk of pulmonary tuberculosis in adult. *Universa Medicina*, 36(1), 4. <https://doi.org/10.18051/univmed.2017.v36.4-10>
- Jin, H. J., Kang, D. Y., Nam, Y. H., Ye, Y. M., Koh, Y. Il, Hur, G. Y., Kim, S. H., Yang, M. S., Kim, S., Jeong, Y. Y., Kim, M. H., Choi, J. H., Kang, H. R., Jo, E. J., & Park, H. K. (2021). Severe Cutaneous Adverse Reactions to Anti-tuberculosis Drugs in Korean Patients. *Allergy, Asthma & Immunology Research*, 13(2), 245–255. <https://doi.org/10.4168/aaair.2021.13.2.245>

- Judijanto, L., Amin, A., & Nurhakim, L. (2024). *Implementasi Teknologi Artificial Intelligence dan Machine Learning dalam Praktik Akuntansi dan Audit: Sebuah Revolusi atau Evolusi* (Vol. 1, Issue 6). Elektronik.
- Karataş, M., Dirie, A. M. H., Çolakoğlu, S., Hussein, A. O., & Ali, A. N. (2024). Tuberculosis Treatment Outcomes and Associated Factors in Benadir Somalia. A Multicenter Cohort Study. *International Journal of General Medicine*, 2711–2718. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/IJGM.S463237>
- Karmani, P., Chandio, A. A., Korejo, I. A., Samuel, O. W., & Aborokbah, M. (2024). Machine learning based tuberculosis (ML-TB) health predictor model: early TB health disease prediction with ML models for prevention in developing countries. *PeerJ Computer Science*, 10. <https://doi.org/10.7717/PEERJ-CS.2397>
- Karuniawati, A., Burhan, E., Koendhori, E. B., Sari, D., Haryanto, B., Nuryastuti, T., Gayatri, A. A. A. Y., Bahrin, U., Kusumawati, R. L., Sugiyono, R. I., Susanto, N. H., Diana, A., Kosasih, H., Naysilla, A. M., Lokida, D., Neal, A., Siddiqui, S., Lau, C. Y., & Karyana, M. (2023). Performance of Xpert MTB/RIF and sputum microscopy compared to sputum culture for diagnosis of tuberculosis in seven hospitals in Indonesia. *Frontiers in Medicine*, 9(January), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.909198>
- Kemendes. (2023). *PETUNJUK TEKNIS PENGGUNAAN SISTEM INFORMASI TUBERKULOSIS (SITB)*. <https://tbindonesia.or.id/wp-content/uploads/2024/05/Petunjuk-Teknis-Penggunaan-SITB-Versi-Update-Oktober-2023.pdf>
- Kemendes RI. (2004). *Petunjuk Teknis Penatalaksanaan Tuberkulosis Resistan Obat 2020*. Kementerian Kesehatan RI. https://tbindonesia.or.id/wp-content/uploads/2021/06/TBRO_Buku-Juknis-Tuberkulosis-2020-Website.pdf
- Kemendes RI. (2020). *Pedoman nasional pelayanan kedokteran tata laksana tuberkulosis*.
- Kemendes RI. (2023). *PETUNJUK TEKNIS PENGGUNAAN SISTEM INFORMASI TUBERKULOSIS (SITB)*. In *KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA*. KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA. <https://tbindonesia.or.id/wp-content/uploads/2024/05/Petunjuk-Teknis-Penggunaan-SITB-Versi-Update-Oktober-2023.pdf>

- Kementerian Kesehatan RI. (2020). Strategi Nasional Penanggulangan Tuberkulosis di Indonesia 2020-2024. *Pertemuan Konsolidasi Nasional Penyusunan STRANAS TB*, 135.
- Kementerian Kesehatan RI. (2023a). *Laporan Program Penanggulangan Tuberkulosis Tahun 2022*.
- Kementerian Kesehatan RI. (2023b). *Petunjuk Teknis Penggunaan Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB)*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan RI. (2023c). *Profil Kesehatan Indonesia 2022*.
<https://kemkes.go.id/id/profil-kesehatan-indonesia-2022>
- Kementerian Kesehatan RI. (2024). *Aksi Inovasi Ekosistem Digital Kesehatan Nasional: Laporan Tahunan Digital Transformation Office 2023*.
<https://oss2.dto.kemkes.go.id/artikel-web-dto/Annual%20Report%202023%20-%20DTO%20Kemenkes%20RI.pdf>
- Keputusan Menteri Kesehatan No. 67 Tahun 2016.
- Kesehatan, K. (2023). *Transformasi Kesehatan Mewujudkan sehat dan Unggul*.
- Kesehatan, K. (2025). *Buku Panduan Tenaga Medis dan Tenaga Kesehatan Tuberkulosis Langkah dalam Pencegahan, Deteksi Dini, dan Pendampingan Pasien TBC di Masyarakat*.
- Kheirandish, M., Catanzaro, D., Crudu, V., & Zhang, S. (2022). Integrating landmark modeling framework and machine learning algorithms for dynamic prediction of tuberculosis treatment outcomes. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 29(5), 900–908. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocac003>
- Kim, H. Y., Cho, J.-G., Akkerman, O. W., Padanilam, X., Seaworth, B., & Alffenaar, J.-W. C. (2021). Anti-Tuberculosis Drugs and Adverse Events. In *Essential Tuberculosis* (pp. 121–129). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-66703-0_13
- Kono, M. R. M., Purnawan, S., & Ndun, H. J. N. (2021). Relationship of Nutritional Status, Role of Swallowing Drug Supervisors and Family Support with the Successful Treatment of Lung Tuberculosis in Southwest Sumba Distric. *Timorese Journal of Public Health*, 3(2), 62–71. <https://doi.org/10.35508/TJPH.V2I4.5309>
- Kumar, A., Harakuni, S., Paranjape, R., Korabu, A. S., & Prasad, J. B. (2024). Factors determining successful treatment outcome among notified tuberculosis patients in

- Belagavi district of North Karnataka, India. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 25, 101505. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2024.101505>
- Kurniati, I., Pamungkassari, L., Dermawan, A., & Rohayati, R. (2023). TINGKAT POSITIVITAS *Mycobacterium tuberculosis* PADA HASIL TES CEPAT MOLEKULER DENGAN KONVERSI PENGobatan AWAL PASIEN TUBERKULOSIS SENSITIF OBAT. *Jurnal Kesehatan Siliwangi*, 4(1), 15–22. <https://doi.org/10.34011/jks.v4i1.1494>
- Kurniawan, dkk. (2015). *Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan pengobatan tuberculosis paru*. 2.
- Kwak, S. K., & Kim, J. H. (2017). Statistical data preparation: management of missing values and outliers. *Korean Journal of Anesthesiology*, 70(4), 407. <https://doi.org/10.4097/KJAE.2017.70.4.407>
- Lee, J. Y. (2015). Diagnosis and treatment of extrapulmonary tuberculosis. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*, 78(2), 47–55. <https://doi.org/10.4046/trd.2015.78.2.47>
- Lee, J. Y., Kwon, N., Goo, G. yeon, & Cho, S. il. (2022). Inadequate housing and pulmonary tuberculosis: a systematic review. *BMC Public Health*, 22(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-12879-6>
- Lestari, W. I. (2022). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kemiskinan Per Provinsi Di Indonesia Dalam Perspektif Islam. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 8(3), 3136. <https://doi.org/10.29040/jiei.v8i3.6208>
- Liao, K. M., Liu, C. F., Chen, C. J., Feng, J. Y., Shu, C. C., & Ma, Y. S. (2023). Using an Artificial Intelligence Approach to Predict the Adverse Effects and Prognosis of Tuberculosis. *Diagnostics*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13061075>
- Limenh, L. W., Kasahun, A. E., Sendekie, A. K., Seid, A. M., Mitku, M. L., Fenta, E. T., Melese, M., Workye, M., Simegn, W., & Ayenew, W. (2024). Tuberculosis treatment outcomes and associated factors among tuberculosis patients treated at healthcare facilities of Motta Town, Northwest Ethiopia: a five-year retrospective study. *Scientific Reports*, 14(1), 7695. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58080-0>
- Listyarini, A. D. (2021). Hubungan Pengetahuan dan Sikap Penderita TBC Paru Terhadap Kepatuhan Minum Obat Antituberkulosis di Poliklinik RSI NU Demak. *Jurnal Profesi Keperawatan*, 8(1), 11–23. <http://jurnal.akperkridahusada.ac.id/index.php/jpk/article/view/88>

- Little, R. J. A., & Rubin, D. B. (2019). Statistical analysis with missing data. In *Statistical Analysis with Missing Data*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119482260>
- Loecher, M. (2022). Unbiased variable importance for random forests. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 51(5), 1413–1425. <https://doi.org/10.1080/03610926.2020.1764042>
- Lönnroth, K., Jaramillo, E., Williams, B. G., Dye, C., & Raviglione, M. (2009). Drivers of tuberculosis epidemics: the role of risk factors and social determinants. *Social Science & Medicine* (1982), 68(12), 2240–2246. <https://doi.org/10.1016/J.SOCSCIMED.2009.03.041>
- Lucya, V., & Arief, N. T. (2022). Factor Affecting Treatment Compliance in TB Patients. *Jurnal Keperawatan Komprehensif (Comprehensive Nursing Journal)*, 8(4). <https://doi.org/10.33755/jkk.v8i4.442>
- Lundberg, A. (2025). *MITSloan Management Review*.
- Ly, X., Li, Y., Cai, B., He, W., Wang, R., Chen, M., Pan, J., & Hou, D. (2023). Utility of Machine Learning and Radiomics Based on Cavity for Predicting the Therapeutic Response of MDR-TB. *Infection and Drug Resistance*, 16(October), 6893–6904. <https://doi.org/10.2147/IDR.S435984>
- Made, N., Mahartati, N., & Syarif, S. (2024). Faktor Risiko Kegagalan Pengobatan Tuberkulosis: Systematic Review. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (MPPKI)*, 7(4), 899–906. <https://doi.org/10.56338/MPPKI.V7I4.5157>
- Madley-Dowd, P., Hughes, R., Tilling, K., & Heron, J. (2019). The proportion of missing data should not be used to guide decisions on multiple imputation. *Journal of Clinical Epidemiology*, 110, 63–73. <https://doi.org/10.1016/J.JCLINEPI.2019.02.016>
- Maher, D., Dye, C., Floyd, K., Pantoja, A., Lönnroth, K., Reid, A., Nathanson, E., Pennas, T., Fruth, U., Cunningham, J., Ignatius, H., Raviglione, M. C., Koek, I., & Espinal, M. (2007). Planning to improve global health: the next decade of tuberculosis control. *Bulletin of the World Health Organization*, 85(5), 341. <https://doi.org/10.2471/06.037820>
- Mangan, J. M., Woodruff, R. S., Winston, C. A., Nabity, S. A., Haddad, M. B., Dixon, M. G., Parvez, F. M., Sera-Josef, C., Latweika, J., Salmon-Trejo, A. T., Chee, J., & Lam, K. (2023). Recommendations for Use of Video Directly Observed Therapy

- During Tuberculosis Treatment — United States, 2023. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 72(12), 313. <https://doi.org/10.15585/MMWR.MM7212A4>
- Manurung, A., Lubis, R., & Rochadi, K. (2018). *Associations of Contact History, Smoking Status, Nutrition Status, and ARV Treatment, With TB-HIV Co-Infection among People with HIV/AIDS*. 43–43. <https://doi.org/10.26911/theicph.2018.01.04>
- Manurung, N. (2023). Involving religious organizations in improving TB medication adherence. *Indian Journal of Tuberculosis*, xxxx, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ijtb.2023.04.017>
- Marks, S. P. (2016). Human Rights : A Brief Introduction Human Rights. *Harvard University*, 1–25.
- Massud, A., Syed Sulaiman, S. A., Ahmad, N., Shafqat, M., Chiau Ming, L., & Khan, A. H. (2022). Frequency and Management of Adverse Drug Reactions Among Drug-Resistant Tuberculosis Patients: Analysis From a Prospective Study. *Frontiers in Pharmacology*, 13(June), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.883483>
- Mayasari, E., Risnasari, D., & Chei, N. E. (2022). Analysis of Pulmonary Tuberculosis based on Home Sanitation in Sembung Hamlet, Margopatut East Java. *STRADA Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 11(1), 78–83. <https://doi.org/10.30994/sjik.v11i1.894>
- Mehta, U., Kalk, E., Boulle, A., Nkambule, P., Gouws, J., Rees, H., & Cohen, K. (2017). Pharmacovigilance: A public health priority for South Africa. *South African Health Review*, 2017, 125–133.
- Merid, M. W., Muluneh, A. G., Yenit, M. K., & Kassa, G. M. (2020). Treatment interruption and associated factors among patients registered on drug-resistant tuberculosis treatment in Amhara regional state, Ethiopia: 2010-2017. *PloS One*, 15(10), e0240564. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240564>
- Muhammad, A. C., Ariana, A. A. G. B., Intan, I., Sumanto, Simanjuntak, P., Satria, Lutfi, M., Heryana, N., & Pradana, H. A. (2023). *Dasar-dasar Pembelajaran Mesin: (Foundations of Machine Learning)* (Issue March). <https://books.google.co.id/books?id=8COzEAAAQBAJ>
- Musuenge, B. B., Poda, G. G., & Chen, P. C. (2020). Nutritional status of patients with tuberculosis and associated factors in the health centre region of burkina faso. *Nutrients*, 12(9), 1–13. <https://doi.org/10.3390/nu12092540>

- Nantha, Y. (2014). Therapeutic-diagnostic evaluation of chronic cough amongst adults: causes, symptoms and management at the primary care level, Malaysia. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 3(3), 207. <https://doi.org/10.4103/2249-4863.141611>
- Nasrullah, D., Hasanah, U., Choliq, I., Purnamasari, I., Firman, F., Syaifurrahman, I., & Fitriyani, V. (2023). FACTORS AFFECTING TUBERCULOSIS (TB) PATIENT ADHERENCE TO ANTI-TUBERCULOSIS DRUG THERAPY IN SURABAYA. *Gaster*, 21(1), 20–32. <https://doi.org/10.30787/gaster.v21i1.1020>
- Newman, D. A. (2014). Missing Data. <https://doi.org/10.1177/1094428114548590>, 17(4), 372–411. <https://doi.org/10.1177/1094428114548590>
- Ngoc, N. B., Dinh, H. V., Thuy, N. T., Van Quang, D., Huyen, C. T. T., Hoa, N. M., Anh, N. H., Dat, P. T., Hoa, N. B., Tiemersma, E., & Nhung, N. V. (2021). Active surveillance for adverse events in patients on longer treatment regimens for multidrug-resistant tuberculosis in Viet Nam. *PLoS ONE*, 16(9 September), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255357>
- Nidoi, J., Muttamba, W., Walusimbi, S., Imoko, J. F., Lochoro, P., Ichtho, J., Mugenyi, L., Sekibira, R., Turyahabwe, S., Byaruhanga, R., Putoto, G., Villa, S., Ravigliione, M. C., & Kirenga, B. (2021). Impact of socio-economic factors on Tuberculosis treatment outcomes in north-eastern Uganda: a mixed methods study. *BMC Public Health*, 21(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-12056-1>
- Nikolayevskyy, V., Kontsevaya, I., Nikolaevskaya, E., Surkova, E., Samchenko, S., & Esipenko, S. (2019). Diagnostic performance and impact of routinely implemented Xpert® MTB/RIF assay in a setting of high incidence of drug-resistant TB in Odessa Oblast, Ukraine. *Clinical Microbiology and Infection*, 25(8), 1040.e1-1040.e6. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2018.12.013>
- Ningsih, A. S. W., Ramadhan, A. M., & Rahmawati, D. (2022). Kajian Literatur Pengobatan Tuberkulosis Paru dan Efek Samping Obat Antituberkulosis di Indonesia. *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 15, 231–241. <https://doi.org/10.25026/mpc.v15i1.647>
- Nohara, Y., Matsumoto, K., Soejima, H., & Nakashima, N. (2022). Explanation of machine learning models using shapley additive explanation and application for real data in hospital. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 214, 106584.

- Novitri Waruwu, M., Zega, Y., Natalia Mendrofa, R., Yakin Niat Telaumbanua, dan, Pendidikan Matematika, P., Nias Jalan Yos Sudarso Ujung No, U., Ulu, O., Gunungsitoli, K., Gunungsitoli, K., & Utara, S. (2024). *IMPLEMENTASI ALGORITMA MACHINE LEARNING UNTUK DETEKSI PERFORMA AKADEMIK MAHASISWA (IMPLEMENTATION OF MACHINE LEARNING ALGORITHM FOR STUDENT ACADEMIC PERFORMANCE DETECTION)*.
- Oktaviani, S. L., & Hafizurrachman, M. (2024). Rekomendasi Alternatif Terhadap Evaluasi Sistem Pencatatan dan Pelaporan Kasus Tuberkulosis di Rumah Sakit Krakatau Medika Kota Cilegon Tahun 2013. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 8390–8405. <https://doi.org/10.31004/INNOVATIVE.V4I4.14131>
- Pedregosa, F., Michel, V., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Vanderplas, J., Cournapeau, D., Varoquaux, G., Gramfort, A., & Thirion, B. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python Gaël Varoquaux Bertrand Thirion Vincent Dubourg Alexandre Passos PEDREGOSA, VAROQUAUX, GRAMFORT ET AL. Matthieu Perrot. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830. <http://scikit-learn.sourceforge.net>.
- Peh, K. Q. E., Kwan, Y. H., Goh, H., Ramchandani, H., Phang, J. K., Lim, Z. Y., Loh, D. H. F., Østbye, T., Blalock, D. V., Yoon, S., Bosworth, H. B., Low, L. L., & Thumboo, J. (2021). An Adaptable Framework for Factors Contributing to Medication Adherence: Results from a Systematic Review of 102 Conceptual Frameworks. *Journal of General Internal Medicine*, 36(9), 2784–2795. <https://doi.org/10.1007/s11606-021-06648-1>
- Peng, A. Z., Kong, X. H., Liu, S. T., Zhang, H. F., Xie, L. L., Ma, L. J., Zhang, Q., & Chen, Y. (2024). Explainable machine learning for early predicting treatment failure risk among patients with TB-diabetes comorbidity. *Scientific Reports*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57446-8>
- Peraturan BPJS Kesehatan No. 3 Tahun 2024. (n.d.). Retrieved May 13, 2025, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/311193/peraturan-bpjs-kesehatan-no-3-tahun-2024>
- Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, Dan Transmigrasi Nomor 7 Tahun 2023.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2019.

- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2024 Tentang Rumah Sakit Pendidikan Penyelenggara Utama. Retrieved May 13, 2025, from <https://jdih.kemkes.go.id/dokumen/view?id=3311>
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No 24 Tahun 2022 Tentang Rekam Medis, 151 Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2022 1 (2022).
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 13 Tahun 2022.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2018.
- Peraturan Presiden Nomor 67 Tahun 2021 Tentang Penanggulangan Tuberkulosis (2021).
- Perhimpunan Dokter Paru Indonesia. (2021). Tuberkulosis Pedoman Diagnosis dan Penatalaksanaan di Indonesia. In *Perhimpunan Dokter Paru Indonesia* (Vol. 001, Issue 2014).
- Permenkes. (2016). *Peraturan menteri kesehatan Republik Indonesia Nomor 67 Tahun 2016*.
- Permenkes No 4 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis Pelayanan Dasar Pada Standar Pelayanan Minimal Bidang Kesehatan - TP2S. Retrieved May 13, 2025, from <https://stunting.go.id/permenkes-no-4-tahun-2019-tentang-standar-teknis-pelayanan-dasar-pada-standar-pelayanan-minimal-bidang-kesehatan/>
- Permenkes No. 20 Tahun 2019. Retrieved May 13, 2025, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/138613/permenkes-no-20-tahun-2019>
- Permenkes No. 67 Tahun 2016*. (n.d.). Retrieved May 13, 2025, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/114486/permenkes-no-67-tahun-2016>
- PERPRES No. 72 Tahun 2020*. (n.d.). Retrieved May 13, 2025, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/139576/perpres-no-72-tahun-2020>
- Pradipta, I. S., van't Boveneind-Vrubleuskaya, N., Akkerman, O. W., Alffenaar, J. W. C., & Hak, E. (2019). Predictors for treatment outcomes among patients with drug-susceptible tuberculosis in the Netherlands: a retrospective cohort study. *Clinical Microbiology and Infection*, 25(6), 761.e1-761.e7. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2018.10.009>
- Prasad, R., Singh, A., & Gupta, N. (2019). Adverse drug reactions in tuberculosis and management. *Indian Journal of Tuberculosis*, 66(4), 520–532. <https://doi.org/10.1016/j.ijtb.2019.11.005>

- Prmaono, S. J., & Wiyadi, W. (2021). Hubungan Lingkungan Fisik Rumah dan Kepadatan Hunian dengan Prevalensi Tuberkulosis di Kecamatan Sungai Kunjang Kota Samarinda. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 16(1), 42. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jkmi>,
- Putra, K. W. R., & Toonsiri, C. (2019a). Factors related to the successful treatment of tuberculosis: A literature review. *Belitung Nursing Journal*, 5(4), 136–146. <https://doi.org/10.33546/bnj.749>
- Putra, K. W. R., & Toonsiri, C. (2019b). Factors Related To The Successfull Treatment Of Tuberculosis. *Belitung Nursing Journal*, 5(4).
- Rachmawati, D. S., Priyantini, D., & Aini, Q. (2020). Family Factors and Their Relation to the Treatment Adherence of Pulmonary TB Patients in Surabaya. *Jurnal Ners*, 15(2 Special Issue), 45–49. <https://doi.org/10.20473/jn.v15i2.18909>
- Rachmawati, L. R., Widjanarko, B., & Sariatmi, A. (2023). PENEMUAN DAN PENANGANAN MULTIDRUG-RESISTANT TUBERCULOSIS (MDR-TB) DI FASYANKES KABUPATEN PATI. *JKM (Jurnal Kesehatan Masyarakat Cendekia Utama)*, 11(2), 222–239. <https://doi.org/10.31596/JKM.V11i2.1473>
- Rainio, O., Teuho, J., & Klén, R. (2024). Evaluation metrics and statistical tests for machine learning. *Scientific Reports*, 14(1), 6086.
- Rasyid, A., & Heryawan, L. (2023). Klasifikasi Penyakit Tuberculosis (TB) Organ Paru Manusia Berdasarkan Citra Rontgen Thorax Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Manajemen Informasi Kesehatan Indonesia (JMIKI)*, 11(1). <https://doi.org/10.33560/jmiki.v11i1.484>
- Ravichandran, M., Rajaram, M., & Munusamy, M. (2022). Pharmacovigilance of Antitubercular Therapy in Tuberculosis. *Cureus*, 14(2), e21915. <https://doi.org/10.7759/cureus.21915>
- Ravimohan, S., Kornfeld, H., Weissman, D., & Bisson, G. P. (2018). Tuberculosis and lung damage: From epidemiology to pathophysiology. *European Respiratory Review*, 27(147). <https://doi.org/10.1183/16000617.0077-2017>
- Rhomdani, F., & Sulistyorini, L. (2020). The Case of Leprosy in Work Area of Talango Health Center in Sumenep Regency: Case Control Study. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 12(1), 21. <https://doi.org/10.20473/jkl.v12i1.2020.21-29>

- Rodrigues, M. M. S., Barreto-Duarte, B., Vinhaes, C. L., Araújo-Pereira, M., Fukutani, E. R., Bergamaschi, K. B., Kristki, A., Cordeiro-Santos, M., Rolla, V. C., Sterling, T. R., Queiroz, A. T. L., & Andrade, B. B. (2024). Machine learning algorithms using national registry data to predict loss to follow-up during tuberculosis treatment. *BMC Public Health*, 24(1), 0–9. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-18815-0>
- Rodríguez-Pérez, R., & Bajorath, J. (2020). Interpretation of machine learning models using shapley values: application to compound potency and multi-target activity predictions. *Journal of Computer-Aided Molecular Design*, 34(10), 1013–1026.
- Rosadi, D. (2020). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kepatuhan Pasien Tuberkulosis Paru Terhadap Obat Anti Tuberkulosis. *Jurnal Berkala Kesehatan*, 6(2), 80. <https://doi.org/10.20527/jbk.v6i2.9452>
- Rubin, D. B. (2018). *Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470316696>
- Ruru, Y., Matasik, M., Oktavian, A., Senyorita, R., Mirino, Y., Tarigan, L. H., van der Werf, M. J., Tiemersma, E., & Alisjahbana, B. (2018). Factors associated with non-adherence during tuberculosis treatment among patients treated with DOTS strategy in Jayapura, Papua Province, Indonesia. *Global Health Action*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/16549716.2018.1510592>
- Rusman, R., & Basri K, S. (2019a). Faktor yang Mempengaruhi Penderita TB Paru Terhadap Kepatuhan Minum Obat Anti Tuberkulosis di Puskesmas Jatisawit Indramayu. *Afiasi : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(1), 33–40. <https://doi.org/10.31943/afiasi.v4i1.10>
- Rusman, R., & Basri K, S. (2019b). Faktor yang Mempengaruhi Penderita TB Paru Terhadap Kepatuhan Minum Obat Anti Tuberkulosis di Puskesmas Jatisawit Indramayu. *Afiasi : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(1), 33–40. <https://doi.org/10.31943/afiasi.v4i1.10>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61(April), 101860. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>
- Sahoo, K., Samal, A. K., Pramanik, J., & Pani, S. K. (2019). Exploratory data analysis using Python. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(12), 4727–4735.

- Sakufa Marsanti, A., Ardiani, H., & Marsanti, A. S. (2021). The Prediction Number of Smear Acid Resistant Bacteria on Positive Pulmonary Tuberculosis Infection Disease at Madiun City in 2021 to 2025. *Jurnal Info Kesehatan*, 19(2), 162–180. <https://doi.org/10.31965/infokes.Vol19Iss2.558>
- Sanusi, G. N., Satus S, A., & Karso, I. (2018). *HUBUNGAN TINGKAT EKONOMI DENGAN KEPATUHAN MINUM OBAT PENDERITA TB PARU BTA POSITIF DI WILAYAH KERJA PUSKESMAS CUKIR KABUPATEN JOMBANG (Correlation Economic Level with Medication Obedience BTA Positive TB Patients In the Work Region of cukir Health Center Jombang)*.
- Saputro, Y., & Sigit Pramudyo, C. (2022). *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2022 Yogyakarta*.
- Sartik, S., Tjekyan, RM. S., & Zulkarnain, M. (2017). RISK FACTORS AND THE INCIDENCE OF HIPERTENSION IN PALEMBANG. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 8(3), 180–191. <https://doi.org/10.26553/jikm.2017.8.3.180-191>
- Sauer, C. M., Sasson, D., Paik, K. E., McCague, N., Celi, L. A., Fernández, I. S., & Illigens, B. M. W. (2018). Feature selection and prediction of treatment failure in tuberculosis. *PLoS ONE*, 13(11), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207491>
- Septa, D. (2023). Glycemic Control Effect on Acid-Fast Bacteria Conversion in Diabetic Patients with Tuberculosis Pengaruh Kontrol Glikemik dengan Konversi Sputum BTA pada Pasien Diabetes Melitus dengan Tuberkulosis. *Journal of Biomedika and Health*, 61, 2621–5470.
- Sharma, D., & Sarkar, D. (2018). Pathophysiology of Tuberculosis: An Update Review. *Pharmatutor*, 6(2), 15. <https://doi.org/10.29161/pt.v6.i2.2018.15>
- Sina, I., Kedokteran, J., Kedokteran, K.-F., Islam, U., Utara, S., Risanti, E. D., Penelitian, A., Susilo, S. R., & Artikel, H. (2025). *INDEKS MASSA TUBUH DAN KEBIASAAN MEROKOK TERHADAP OUTCOME PENGobatan TB PARU TCM POSITIF ANALYSIS OF BODY MASS INDEX AND SMOKING HABITS ON TREATMENT OUTCOMES OF TCM-POSITIVE PULMONARY TUBERCULOSIS*. 24(1).
- Singh, S. K., Kashyap, G. C., & Puri, P. (2018). Potential effect of household environment on prevalence of tuberculosis in India: Evidence from the recent round of a cross-

- sectional survey. *BMC Pulmonary Medicine*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12890-018-0627-3>
- Skivington, K., Matthews, L., Simpson, S. A., Craig, P., Baird, J., Blazeby, J. M., Boyd, K. A., Craig, N., French, D. P., & McIntosh, E. (2021). Framework for the development and evaluation of complex interventions: gap analysis, workshop and consultation-informed update. *Health Technology Assessment (Winchester, England)*, 25(57), 1.
- Snoek, J., Larochelle, H., & Adams, R. P. (2012). Practical Bayesian Optimization of Machine Learning Algorithms. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 4, 2951–2959. <https://arxiv.org/abs/1206.2944v2>
- Soeroto, A. Y., Lestari, B. W., Santoso, P., Chaidir, L., Andriyoko, B., Alisjahbana, B., Van Crevel, R., & Hill, P. C. (2019). Evaluation of Xpert MTB-RIF guided diagnosis and treatment of rifampicin-resistant tuberculosis in Indonesia: A retrospective cohort study. *PLoS ONE*, 14(2), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213017>
- Stekhoven, D. J., & Bühlmann, P. (2015). MissForest—non-parametric missing value imputation for mixed-type data. *Bioinformatics*, 28(1), 112–118. <https://doi.org/10.1093/BIOINFORMATICS/BTR597>
- Sterne, J. A. C., White, I. R., Carlin, J. B., Spratt, M., Royston, P., Kenward, M. G., Wood, A. M., & Carpenter, J. R. (2009). Multiple imputation for missing data in epidemiological and clinical research: potential and pitfalls. *BMJ*, 338(7713), 157–160. <https://doi.org/10.1136/BMJ.B2393>
- Sukatemin. (2022). Faktor Yang Berkorelasi Dengan Kejadian Drop Out Pada Pengobatan Tuberculosis Paru. *Indonesian Health Issue*, 1(2), 224–246. <https://doi.org/10.47134/INHIS.V1I2.32>
- Sun, X., & Xu, W. (2014). Fast implementation of DeLong’s algorithm for comparing the areas under correlated receiver operating characteristic curves. *IEEE Signal Processing Letters*, 21(11), 1389–1393.
- Syafruddin, Gobel, A. F., & Arman. (2022). Faktor Risiko Ketidapatuhan Pengobatan Penderita TB Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Rangas Kabupaten Mamuju. *Journal of Muslim Community Health*, 3(3), 134–143. <https://doi.org/10.52103/JMCH.V3I3.995>
- Syahridal, Kartini, & Haris, H. (2022). Faktor Yang Berhubungan Dengan Drop Out Pengobatan Pada Penderita Tuberkulosis (TB) Paru di Puskesmas Bontonompo II

Kabupaten Gowa. *Jurnal Promotif Preventif*, 5(1), 59–65.
<https://doi.org/10.47650/JPP.V5I1.472>

Syapitri, H., Sipayung, P. N., & Simatupang, M. (2015). EFEK SAMPING OBAT DAN STATUS GIZI TERHADAP KEGAGALAN KONVERSI BTA PENDERITA TUBERCULOSIS PARU. *Jurnal INJEC*, 2(2), 263–267.

Terzi, H. A., Aydemir, O., Karakece, E., Demiray, T., Koroglu, M., & Altindis, M. (2024). Evaluation of the Xpert MTB/RIF Test Performance in the Diagnosis of Suspected M. tuberculosis in Pulmonary and Extrapulmonary Clinical Specimens. *Mediterranean Journal of Infection Microbes and Antimicrobials*, 2–7.
<https://doi.org/10.4274/mjima.galenos.2024.23055.13>

Tiemersma, E., van den Hof, S., Dravniece, G., Wares, F., Molla, Y., Permata, Y., Lukitosari, E., Quelapio, M., Aung, S. T., Aung, K. M., Thuy, H. T., Hoa, V. D., Sulaimanova, M., Sagyndikova, S., Makhmudova, M., Soliev, A., & Kimerling, M. (2019). Integration of drug safety monitoring in tuberculosis treatment programmes: country experiences. *European Respiratory Review: An Official Journal of the European Respiratory Society*, 28(153).
<https://doi.org/10.1183/16000617.0115-2018>

Troyanskaya, O., Cantor, M., Sherlock, G., Brown, P., Hastie, T., Tibshirani, R., Botstein, D., & Altman, R. B. (2014). Missing value estimation methods for DNA microarrays. *Bioinformatics*, 17(6), 520–525.
<https://doi.org/10.1093/BIOINFORMATICS/17.6.520>

Tuberkulosis, S., Dalam, P., & Eliminasi, M. (2024). *Situasi Tuberkulosis di Indonesia Tahun 2023-2024 dan Upaya Pemerintah Dalam Mencapai Eliminasi TBC 2030*.

Ulfah, U., Windiyaningsih, C., Abidin, Z., & Murtiani, F. (2018). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kepatuhan Berobat Pada Penderita Tuberkulosis Paru. *The Indonesian Journal of Infectious Diseases*, 4(1). <https://doi.org/10.32667/ijid.v4i1.44>

Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 Tentang Kesehatan.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1984.

UU No. 17 Tahun 2023. Retrieved May 13, 2025, from
<https://peraturan.bpk.go.id/details/258028/uu-no-17-tahun-2023>

UU No. 23 Tahun 2014. Retrieved May 13, 2025, from
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/38685/uu-no-23-tahun-2014>

- UU No. 27 Tahun 2022. Retrieved May 13, 2025, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/229798/uu-no-27-tahun-2022>
- van Buuren, S., & Groothuis-Oudshoorn, K. (2018). mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software*, 45(3), 1–67. <https://doi.org/10.18637/JSS.V045.I03>
- Van Olmen, J., Criel, B., Van Damme, W., Marchal, B., Van Belle, S., Van Dormael, M., Hoerée, T., Pirard, M., & Kegels, G. (2012). *Analysing health system dynamics: a framework*. ITGPress. <http://doi.org/10.5195/hcs.2012.71>
- Varoquaux, G., & Colliot, O. (2023). Evaluating Machine Learning Models and Their Diagnostic Value. *Neuromethods*, 197, 601–630. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3195-9_20
- Vita, L., Dewi, I., & Hakim, L. (2020). *Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Adverse Drug Reaction pada Penggunaan Obat Anti Tuberkulosis Factors that Influence Adverse Drug Reaction in the Use of Antituberculosis Medicines Penyakit tuberkulosis hingga saat ini berada diantara 10 tertinggi p. 17*(02), 134–141.
- Wang, Z., Guo, Z., Wang, W., Zhang, Q., Song, S., Xue, Y., Zhang, Z., & Wang, J. (2025). Prediction of tuberculosis treatment outcomes using biochemical makers with machine learning. *BMC Infectious Diseases*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12879-025-10609-y>
- Wani, R. (2013). Tuberculosis 2: Pathophysiology and microbiology of pulmonary tuberculosis. *South Sudan Medical Journal*, 6(1), 10–12. <http://www.southsudanmedicaljournal.com/archive/february-2013/tuberculosis-2-pathophysiology-and-microbiology-of-pulmonary-tuberculosis.html>
- Watanabe, A., Matsumoto, T., Igari, H., Sawa, J., Yamaguchi, Y., & Sakatani, M. (2016). Risk of developing active tuberculosis in rheumatoid arthritis patients on adalimumab in Japan. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 20(1), 101–108. <https://doi.org/10.5588/ijtld.15.0283>
- WHO. (2005). *The International Health Regulations* (Third). <https://doi.org/10.1163/15723747-01602002>
- WHO. (2011). Collaborative framework for care and control of tuberculosis and diabetes. In *The Lancet* (Vol. 378).

- WHO. (2021). *Surveilans TB berbasis kasus*. World Health Organization. https://www-who.int.translate.google/publications/digital/global-tuberculosis-report-2021/featured-topics/case-based-surveillance?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc
- WHO. (2023). *Global tuberculosis report 2023*. <https://iris.who.int/>.
- Wijaya, S., & Fauziah, F. (2023). Analysis of the Comparison Between Linear Regression, Random Forest, and Logistic Regression Methods in Predicting Crude Palm Oil (CPO) Price. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 3(2), 343–350. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v3i2.3334>
- Wingfield, T., Tovar, M. A., Huff, D., Boccia, D., Montoya, R., Ramos, E., Lewis, J. J., Gilman, R. H., & Evans, C. A. (2016). The economic effects of supporting tuberculosis-affected households in Peru. *The European Respiratory Journal*, 48(5), 1396–1410. <https://doi.org/10.1183/13993003.00066-2016>
- World Health Organization. (2004). Pharmacovigilance: ensuring the safe use of medicines. *World Health*, 1–6. http://pvtoolkit.org/toolkit/readers/pv_ensuring_safe_medicine_use.pdf
- World Health Organization (WHO). (2021). Regional Strategic Plan Towards Ending TB. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1397133/retrieve>
- World Health Organization (WHO). (2022). *Global Tuberculosis Report 2022*.
- World Health Organization, (WHO). (2022). WHO consolidated guidelines on tuberculosis. In *WHO Press*.
- Xiang, K., Xu, Z., Hu, Y. Q., He, Y. S., Dan, Y. L., Wu, Q., Fang, X. H., & Pan, H. F. (2021). Association between ambient air pollution and tuberculosis risk: A systematic review and meta-analysis. *Chemosphere*, 277. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.130342>
- Yates, L. A., Aandahl, Z., Richards, S. A., & Brook, B. W. (2023). Cross validation for model selection: A review with examples from ecology. *Ecological Monographs*, 93(1), 1–24. <https://doi.org/10.1002/ecm.1557>
- You, S., Chitwood, M. H., Gunasekera, K. S., Crudu, V., Codreanu, A., Ciobanu, N., Furin, J., Cohen, T., Warren, J. L., & Yaesoubi, R. (2022). Predicting resistance to fluoroquinolones among patients with rifampicin-resistant tuberculosis using

- machine learning methods. *PLOS Digital Health*, 1(6), e0000059. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000059>
- Yuniar, I., Wahyono, A., & Purnomo, H. (2023). Relationship of House Building Materials, Lighting and Occupational Density to the Incidence of Tuberculosis. *Proceedings of the 3rd Borobudur International Symposium on Humanities and Social Science 2021 (BIS-HSS 2021)*, 378–382. https://doi.org/10.2991/978-2-494069-49-7_63
- Zenbaba, D., Bonga, M., & Sahledengle, B. (2021). Trends of unsuccessful treatment outcomes and associated factors among tuberculosis patients in public hospitals of Bale Zone, Southeast Ethiopia: A 5-year retrospective study. *Heliyon*, 7(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07982>
- Zenebe, T., & Tefera, E. (2016). Tuberculosis treatment outcome and associated factors among smear-positive pulmonary tuberculosis patients in Afar, Eastern Ethiopia: a retrospective study. *The Brazilian Journal of Infectious Diseases*, 20(6), 635–636. <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2016.07.012>
- Zenner, D., Southern, J., Van Hest, R., DeVries, G., Stagg, H. R., Antoine, D., & Abubakar, I. (2013). Active case finding for tuberculosis among high-risk groups in low-incidence countries. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease : The Official Journal of the International Union against Tuberculosis and Lung Disease*, 17(5), 573–582. <https://doi.org/10.5588/IJTL.12.0920>
- Zhang, F., Zhang, F., Li, L., & Pang, Y. (2024). Clinical utilization of artificial intelligence in predicting therapeutic efficacy in pulmonary tuberculosis. *Journal of Infection and Public Health*, 17(4), 632–641. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2024.02.012>
- Zhu, H., Liu, S., Xu, W., Dai, J., & Benbouzid, M. (2024). Linearithmic and unbiased implementation of DeLong's algorithm for comparing the areas under correlated ROC curves. *Expert Systems with Applications*, 246, 123194.

Lampiran 1 Surat Kaji Etik



UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT

Gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat
Kampus UI Depok 16424,
T. 62.21.7864975, 7864976 F. 62.21.7864975, 7863472
E. fkmui@ui.ac.id | www.fkm.ui.ac.id

**KOMISI ETIK RISET DAN PENGABDIAN KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT UNIVERSITAS INDONESIA**
*THE RESEARCH AND COMMUNITY ENGAGEMENT ETHICAL COMMITTEE
FACULTY OF PUBLIC HEALTH UNIVERSITAS INDONESIA*

SURAT KETERANGAN
ETHICAL APPROVAL

Nomor: Ket- 715/UN2.F10.D11/PPM.00.02/2024

Komisi Etik Riset dan Pengabdian Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, menyatakan dengan ini bahwa penelitian dengan judul :
The Research and Community Engagement Ethical Committee of Faculty of Public Health Universitas Indonesia states hereby that the following proposal:

**"Pengembangan Pembelajaran Mesin Untuk Prediksi Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis
Pada Populasi Usia Produktif di Indonesia"**

*"Machine Learning Development for Success Rate Prediction of Tuberculosis Treatment
in Indonesian Productive Age Population"*

Lokasi Penelitian : Indonesia
Location

Waktu Penelitian : Desember 2024- Juni 2025
Time schedule

Responden/Subyek : Pasien TB terdata di SITB
Penelitian (data sekunder)
Respondent/Research Subject

Peneliti Utama : **Melyanti**
Principal Investigator Mahasiswa Program Studi S3 Ilmu Kesehatan Masyarakat
NPM: 2306197971

Telah melalui prosedur kaji etik dan dinyatakan layak untuk dilaksanakan

Has proceeded the ethical assessment procedure and been approved for the implementation

Demikianlah surat keterangan lolos kaji etik ini dibuat untuk diketahui dan dimaklumi oleh yang berkepentingan dan berlaku sejak tanggal 24 Desember 2024 sampai dengan 24 Desember 2025

This ethical approval is issued to be used appropriately and understood by all stakeholders and valid from 24 December 2024 until 24 December 2025



24 December 2024

Chairman,

Prof. Dr. dr. Ratna Djuwita, MPH
NUP 202003013

Lampiran 2 Surat Izin Penelitian



Kementerian Kesehatan
Direktorat Jenderal
Pencegahan dan Pengendalian Penyakit
 Jalan H.R. Rasuna Said Blok X-5 Kavling 4-9
 Jakarta Selatan 12950
 (021) 5201590 (hunting)
<https://www.p2p.kemkes.go.id>

Nomor : PM.01.01/C.III/4651/2024
 Lampiran : delapan lembar
 Hal : Persetujuan Permintaan Data TBC

13 Mei 2024

Yth. Wakil Dekan Bidang Pendidikan, Penelitian, dan Kemahasiswaan
 Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
 Kampus UI Depok, 16424

Berdasarkan surat Wakil Dekan Bidang Pendidikan, Penelitian, dan Kemahasiswaan Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia nomor S-1251/UN.2F10.D1/PDP.04.04/2024 tanggal 5 April 2024 mengenai permintaan data TBC untuk keperluan penelitian pendahuluan dan pengambilan data awal untuk publikasi mahasiswa atas nama:

Nama : Meiyanti
 NPM : 2306197971
 Judul Penelitian : Pengembangan *Machine Learning* untuk Prediksi Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis Paru pada Populasi Usia Produktif di Indonesia

Pada dasarnya kami **menyetujui pengambilan data** yang dimaksud dan diharapkan data tersebut dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan dan hasilnya dilaporkan kembali kepada kami, untuk dapat dijadikan salah satu referensi dalam Program Penanggulangan Tuberkulosis.

Atas perhatian dan kerja sama Saudara, kami sampaikan terima kasih.

Direktur Pencegahan dan Pengendalian
 Penyakit Menular,



dr. Imran Pambudi, MPH

Kementerian Kesehatan tidak menerima suap dan/atau gratifikasi dalam bentuk apapun. Jika terdapat potensi suap atau gratifikasi silakan laporkan melalui HALO KEMENKES 1500567 dan <https://wbs.kemkes.go.id>. Untuk verifikasi keaslian tanda tangan elektronik, silakan unggah dokumen pada laman <https://tts.keminfo.go.id/verifyPDF>.



PEMERINTAH DAERAH KOTA BOGOR
DINAS KESEHATAN

Jl. R.M. Tirta Adhi Soerjo No.3, Tanah Sareal, Kota Bogor, Jawa Barat 16161
Telp. 0251-8331753, Faksimile 0251-8331753
Situs web : <https://dinkes.kotabogor.go.id> Email : dinkes@kotabogor.go.id

Bogor, 18 Februari 2025

Nomor : 000.9/1028-SDK
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Hal : Jawaban Surat Focus Group
Discussion (FGD) a.n Meiyanti

Kepada
Yth. Wakil Dekan Bidang Pendidikan,
Penelitian dan Kemahasiswaan
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Indonesia

di Depok

Berdasarkan surat dari Wakil Dekan Bidang Pendidikan, Penelitian, dan Kemahasiswaan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia nomor S-271/UN2.F10.D1/PDP.04.04/2024 tanggal 30 Januari 2025 perihal *Focus Group Discussion* (FGD) dalam rangka penyusunan disertasi mahasiswa program doktor Ilmu Kesehatan Masyarakat, atas:

nama : Meiyanti

NPM : 2306197971

judul penelitian : Pengembangan Pembelajaran Mesin untuk Prediksi Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis Pada Populasi Usia Produktif di Indonesia.

Pada prinsipnya kami tidak keberatan untuk kegiatan tersebut. Dalam pelaksanaannya dapat dikoordinasikan dengan informan *Focus Group Discussion* (FGD) yang berasal dari Puskesmas Kedung Badak dan Puskesmas Kayumanis. Setelah kegiatan berakhir diwajibkan untuk menyampaikan laporan ke Dinas Kesehatan Kota Bogor serta mengisi formulir bukti penerimaan permintaan informasi publik melalui tautan berikut <https://bit.ly/penerimaaninfodanlaporanpenelitian>.

Atas perhatian Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

 Ditandatangani secara elektronik oleh :
KEPALA DINAS KESEHATAN,
DR. SRI NOWO RETNO, M. A. R. S.
Pembina Utama Muda

Catatan :

Dinas Kesehatan dan seluruh Karyawan Dinas Kesehatan tidak menerima suap dan/atau gratifikasi dalam bentuk apapun.

Tembusan :

1. Kepala UPTD Puskesmas Kedung Badak
2. Kepala UPTD Puskesmas Kayumanis



Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR - BSSN. Untuk memastikan keasliannya, silahkan scan QRCode dan pastikan diarahkan ke alamat <https://tnd.kotabogor.go.id>

Lampiran 3 *Informed Consent***PERSETUJUAN MENJADI INFORMAN
INFORMED CONSENT**

Perkenalkan nama saya Meiyanti mahasiswa Program Doktor Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, saat ini sedang melakukan penelitian terkait pengembangan pembelajaran mesin untuk prediksi keberhasilan pengobatan tuberkulosis pada populasi usia produktif di Indonesia.

Saya meminta kesediaan ibu/bapak/saudara secara sukarela untuk menjadi informan dan memberikan jawaban dengan jujur, penelitian ini tidak membahayakan atau tidak mengandung risiko. Tahap pertama mengisi kuesioner secara digital yang akan memakan waktu sekitar 20-30 menit. Kuesioner terdiri dari pendapat Anda sebagai ahli profesi dibidangnya yang bertujuan untuk memahami faktor-faktor penting yang memengaruhi keberhasilan pengobatan TB dan bagaimana teknologi pembelajaran mesin (*machine learning*) bisa digunakan untuk memprediksi keberhasilan tersebut.

Tahap kedua akan dilaksanakan diskusi dengan tenaga profesi ahli terkait untuk mencapai konsensus dalam waktu 1-2 jam. Penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam meningkatkan kesehatan masyarakat dan efisiensi sistem perawatan kesehatan. Pengembangan model prediktif mampu mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan pengobatan TB, penelitian ini dapat membantu dokter dan petugas kesehatan dalam memutuskan strategi pengobatan yang paling efektif bagi setiap pasien, pasien dapat menerima perawatan yang lebih personal dan tepat waktu, meningkatkan peluang kesembuhan dan mengurangi risiko penyebaran penyakit. dan secara tidak langsung memberikan manfaat bagi ibu/bapak/saudara sebagai petugas kesehatan untuk terhindar dari infeksi tuberkulosis. Jawaban yang diberikan tidak memengaruhi penilaian terhadap kinerja maupun karier ibu/bapak/saudara sehari-hari. Identitas ibu/bapak/saudara dijamin kerahasiaannya, demikian pula informasi data yang diberikan kepada peneliti akan dijaga kerahasiannya. Ibu/bapak/saudara berhak untuk menolak sebagai informan bila tidak menginginkannya dan berhak berhenti/tidak melanjutkan menjawab saat melakukan diskusi.

Mohon ibu/bapak/saudara menandatangani form dibagian bawah ini bila ibu/bapak/saudara setuju sebagai informan atau sumber informasi. Bila ibu/bapak/

saudara menyetujui sebagai informan peneliti mengucapkan terima kasih, dan peneliti akan memberikan Rp 200.000 (dua ratus ribu rupiah) sebagai tanda terima kasih atas kesediaan dan persetujuan bapak/ibu/saudara sebagai informan

.....,...../...../.....

Informan

(Nama dan tandatangan)

Peneliti

Meiyanti

Hp: 08977786185

Program Doktorat IKM-FKM UI

PEDOMAN KONSENSUS *DELPHI METHOD*
PENGEMBANGAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK PREDIKSI
KEBERHASILAN PENGOBATAN TUBERKULOSIS PADA POPULASI USIA
PRODUKTIF DI INDONESIA (Untuk Tenaga kesehatan)

Putaran 1 : Pendapat terkait prediksi keberhasilan pengobatan TB menggunakan pembelajaran mesin

Metode : Kuesioner Digital

Kami ingin meminta pendapat Anda sebagai tenaga kesehatan yang ahli terkait tuberkulosis (TB) dan tenaga kesehatan yang bekerja dengan data TB di Indonesia (SITB). Kuesioner ini bertujuan untuk memahami faktor-faktor penting yang memengaruhi keberhasilan pengobatan TB dan bagaimana teknologi pembelajaran mesin (*machine learning*) bisa digunakan untuk memprediksi keberhasilan tersebut.

Instruksi Pengisian: Mohon luangkan waktu untuk menjawab setiap pertanyaan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman Anda dalam menangani pasien TB. Pendapat Anda sangat berarti untuk membantu kami menyusun metode yang lebih baik dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB.

Bagian 1: Identifikasi Faktor-Faktor Penting

Berdasarkan pengalaman Anda, seberapa pentingkah faktor-faktor berikut ini dalam memengaruhi keberhasilan pengobatan TB?

Gunakan skala berikut:

- 1 = Tidak penting
- 2 = Kurang penting
- 3 = Netral
- 4 = Penting
- 5 = Sangat penting

Variabel	Skala
☐ Usia pasien	
☐ Jenis kelamin pasien	
☐ Berat badan pasien	
☐ Indeks massa tubuh	
☐ Sikap pasien terhadap pengobatan	
☐ Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM)	
☐ Pemeriksaan klinis oleh dokter	
☐ Tipe diagnosis (baru/kambuh)	
☐ Perubahan konversi sputum setelah pengobatan 2 bulan	
☐ Status kepemilikan fasilitas kesehatan (pemerintah/swasta)	
☐ Jenis tuberkulosis (paru/ekstra paru)	
☐ Bentuk obat anti TB (OAT) yang diberikan	
☐ Riwayat pengobatan TB sebelumnya	
☐ Jumlah kontak serumah	
☐ Jenis fasilitas kesehatan (puskesmas/klinik/RS)	
☐ Penyakit komorbid (contoh: diabetes, HIV)	
☐ Pengawas Menelan Obat (PMO)	
☐ Situasi tempat tinggal (kepadatan)	

Bagian 2: Penggunaan Teknologi untuk Prediksi Keberhasilan Pengobatan

1. Menurut Anda, apakah penting menggunakan teknologi seperti komputer atau pembelajaran mesin untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB? (Ceklis salah satu)
 - a. Sangat tidak setuju
 - b. Tidak setuju
 - c. Netral
 - d. Setuju
 - e. Sangat setuju

2. Berdasarkan pengalaman Anda, faktor apa yang paling sering menyebabkan kegagalan pengobatan TB?

Gunakan skala berikut:

- 1 = Sangat tidak relevan
- 2 = Tidak relevan
- 3 = Netral
- 4 = Relevan
- 5 = Sangat relevan

Faktor	Skala
Kepatuhan pasien	
Diagnosis terlambat atau tidak tepat	
Resistensi obat	
Komobiditas (kondisi kesehatan lain)	
Efek samping obat	
Pengelolaan program pengobatan yang buruk	
Faktor sosial ekonomi	
Usia	
Lainnya	

Bagian 3: Pandangan Anda

Apakah menurut Anda, penting untuk melibatkan teknologi pembelajaran mesin dalam pengelolaan data TB di fasilitas Anda? Mohon penjelasan pendapat Anda.

.....

.....

.....

.....

.....

FORMULIR PERSETUJUAN

Semua penjelasan di atas telah disampaikan kepada saya dan telah saya pahami. Dengan menandatangani formulir ini saya sebagai **tenaga non kesehatan** SETUJU SECARA SUKARELA untuk menjadi informan atau berpartisipasi dalam kegiatan penelitian ini

Nama :

Tandatangan :

Tanggal :

PEDOMAN KONSENSUS *DELPHI METHOD*
PENGEMBANGAN PEMBELAJARAN MESIN UNTUK PREDIKSI
KEBERHASILAN PENGOBATAN TUBERKULOSIS PADA POPULASI USIA
PRODUKTIF DI INDONESIA (Untuk Tenaga Non kesehatan)

Putaran 1 : Pendapat terkait prediksi keberhasilan pengobatan TB menggunakan pembelajaran mesin

Metode : Kuesioner Digital

Kami ingin meminta pendapat Anda sebagai tenaga ahli non kesehatan terkait tuberkulosis (TB) dan tenaga kesehatan yang bekerja dengan data TB di Indonesia (SITB). Kuesioner ini bertujuan untuk memahami faktor-faktor penting yang memengaruhi keberhasilan pengobatan TB dan bagaimana teknologi pembelajaran mesin (*machine learning*) bisa digunakan untuk memprediksi keberhasilan tersebut.

Instruksi Pengisian: Mohon luangkan waktu untuk menjawab setiap pertanyaan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman Anda dalam pengembangan pembelajaran mesin untuk prediksi keberhasilan pengobatan dan sistem skoring. Pendapat Anda sangat berarti untuk membantu kami menyusun metode yang lebih baik dalam memprediksi keberhasilan pengobatan TB.

Instruksi Pengisian: Mohon luangkan waktu untuk memberikan jawaban berdasarkan pengetahuan dan pengalaman Anda sebagai ahli AI atau data analis. Masukan Anda akan sangat membantu dalam mengembangkan model prediksi yang akurat dan dapat diandalkan untuk pengobatan TB di Indonesia. **Bersama ini pula kami lampirkan hasil model prediksi yang diperoleh dari data penelitian kami untuk mempermudah anda memberikan pendapat.**

Bagian 1: Pemilihan Variabel

Berdasarkan pengalaman dan pengetahuan Anda, seberapa relevan variabel-variabel berikut ini untuk prediksi keberhasilan pengobatan TB berdasarkan hasil model algoritma pembelajaran mesin prediksi yang kami sertakan berikut ?

Gunakan skala berikut:

- 1 = Sangat tidak relevan
- 2 = Tidak relevan
- 3 = Netral
- 4 = Relevan
- 5 = Sangat relevan

Variabel	Skala
☐ Usia pasien	
☐ Jenis kelamin pasien	
☐ Berat badan pasien	
☐ Indeks massa tubuh	
☐ Sikap pasien terhadap pengobatan	
☐ Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM)	
☐ Pemeriksaan klinis oleh dokter	
☐ Tipe diagnosis (baru/kambuh)	
☐ Perubahan konversi sputum setelah pengobatan 2 bulan	
☐ Status kepemilikan fasilitas kesehatan (pemerintah/swasta)	
☐ Jenis tuberkulosis (paru/ekstra paru)	
☐ Bentuk obat anti TB (OAT) yang diberikan	

Variabel	Skala
☐ Riwayat pengobatan TB sebelumnya	
☐ Jumlah kontak serumah	
☐ Jenis fasilitas kesehatan (puskesmas/klinik/RS)	
☐ Penyakit komorbid (contoh: diabetes, HIV)	
☐ Pengawas Menelan Obat (PMO)	
☐ Situasi tempat tinggal (kepadatan)	

Bagian 2: Algoritma Pembelajaran Mesin

Berdasarkan variabel yang tersedia, algoritma pembelajaran mesin apa yang menurut Anda paling cocok untuk membangun model prediksi keberhasilan pengobatan TB? (Pilihan boleh lebih dari 1)

- ☐ a. Logistic Regression
- ☐ b. Decision Trees
- ☐ c. Random Forest
- ☐ d. XG Boost
- ☐ e. MLP

Apakah nilai persentase prediksi keberhasilan pengobatan $\geq 70\%$ dapat diterima sebagai nilai ambang batas untuk label keberhasilan? 1. Ya 2 tidak

Bila tidak setuju, berapa menurut anda nilai ambang batas yang tepat?.....%

Berdasarkan pengalaman Anda, apakah variabel yang ada sudah cukup representatif untuk membangun model prediktif yang kuat? Jika tidak, variabel tambahan apa yang Anda rekomendasikan?

.....

.....

.....

.....

.....

Seberapa penting menurut Anda penggunaan feature engineering (misalnya pembuatan variabel baru, pengubahan skala, encoding) dalam konteks data TB di Indonesia?

.....

.....

.....

.....

.....

Bagian 3: Evaluasi Kinerja Model

1. Untuk kasus prediksi keberhasilan pengobatan TB, metrik apa yang menurut Anda paling penting?
- 1 = Tidak penting
 - 2 = Kurang penting
 - 3 = Netral
 - 4 = Penting
 - 5 = Sangat penting

Kriteria	Skala
☐ a. Akurasi	
☐ b. Sensitivitas (Recall)	
☐ c. Spesifisitas	
☐ d. Presisi	
☐ e. F1 Skor	
☐ f. AUC-ROC	
☐ g. Log Loss	
☐ h. Precision-Recall AUC	
☐ i. Lainnya (sebutkan)	

2. Bagaimana Anda menyarankan menangani ketidakseimbangan data (misalnya keberhasilan pengobatan yang jauh lebih tinggi dibanding kegagalan)? (Pilih semua yang relevan):
- a. Oversampling
 - b. Undersampling
 - c. Synthetic Data Generation (SMOTE, ADASYN)
 - d. Weighted Loss Functions
 - e. Ensemble Methods
 - f. Lainnya (sebutkan)

Bagian 4: Tantangan dan Pertimbangan Teknis

1. Apa tantangan teknis terbesar yang Anda lihat dalam membangun model prediksi keberhasilan pengobatan TB dari data SITB (misalnya missing data, imbalanced classes, feature selection, interpretability)?

.....

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana menurut Anda model prediksi ini bisa dioptimalkan untuk diterapkan di lapangan, terutama di daerah dengan sumber daya terbatas?

.....

.....

.....

.....

.....

3. Seberapa pentingkah menurut Anda interpretabilitas model dalam konteks ini, mengingat pengguna utama sistem ini mungkin adalah tenaga kesehatan yang tidak memiliki latar belakang pembelajaran mesin?

.....

.....

.....

.....

.....

4. Apakah ada metode interpretasi model (seperti SHAP, LIME, Feature Importance) yang Anda rekomendasikan dalam konteks ini?

.....

.....

.....

.....

.....

Putaran 2 : Konsensus Tenaga Kesehatan tentang Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB dengan Pembelajaran Mesin

Metode : *Zoom Meeting*

Ronde kedua ini bertujuan untuk mencapai kesepakatan antara tenaga kesehatan dan ahli AI dalam memilih variabel yang paling relevan, algoritma pembelajaran mesin yang sesuai, dan kriteria evaluasi model prediksi. Jawaban Anda di ronde ini akan sangat membantu dalam menyelaraskan pandangan dari kedua sisi.

Bagian 1: Konsensus Variabel Prediktif

Pada ronde pertama, kami mengumpulkan berbagai opini terkait variabel mana yang penting untuk digunakan dalam model prediksi. Berikut adalah variabel-variabel yang dinilai relevan. Silakan beri pendapat Anda kembali, dengan mempertimbangkan masukan dari semua peserta.

Gunakan skala berikut:

- 1 = Sangat tidak setuju
- 2 = Tidak setuju
- 3 = Netral
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat setuju

Variabel	Skala
Usia pasien adalah faktor penting untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB.	
Jenis kelamin pasien berpengaruh dalam prediksi keberhasilan pengobatan TB.	
Berat badan pasien harus diperhitungkan dalam model prediksi.	
Indeks massa tubuh harus diperhitungkan dalam model.	
Sikap pasien terhadap pengobatan memengaruhi prediksi keberhasilan.	

Variabel	Skala
Situasi tempat tinggal (kepadatan) harus dimasukkan sebagai variabel.	
Jumlah kontak serumah harus dimasukkan sebagai variabel.	
Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM) merupakan prediktor yang signifikan.	
Pemeriksaan klinis secara langsung oleh dokter penting untuk prediksi keberhasilan.	
Tipe diagnosis (bakteriologis/secara klinis) harus dipertimbangkan dalam model prediksi.	
Perubahan konversi sputum setelah pengobatan 2 bulan (fase intensif) merupakan indikator keberhasilan pengobatan.	
Status kepemilikan fasilitas kesehatan (pemerintah/swasta) relevan dalam prediksi.	
Jenis tuberkulosis (paru/ekstra paru) merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan.	
Bentuk obat anti TB (OAT) yang diberikan harus dimasukkan ke dalam model.	
Riwayat pengobatan TB sebelumnya relevan dalam prediksi.	
Jenis fasilitas kesehatan (puskesmas/klinik/RS) berpengaruh dalam prediksi.	
Penyakit komorbid seperti (diabetes mellitus, HIV/AIDS) sangat penting dalam prediksi keberhasilan pengobatan.	
Pengawas Menelan Obat (PMO) memainkan peran signifikan dalam keberhasilan pengobatan.	

- Seberapa yakin Anda bahwa sistem prediksi ini akan dapat diterapkan dengan baik di lapangan, terutama dalam konteks fasilitas kesehatan dengan sumber daya terbatas?
 - Sangat tidak yakin
 - Tidak yakin
 - Netral
 - Yakin
 - Sangat yakin

2. Dalam model prediksi yang dibuat, apakah Anda setuju bahwa hasil akhir dengan sistem skoring akan membantu memprediksi keberhasilan TB?
 - a. Sangat tidak setuju
 - b. Tidak setuju
 - c. Netral
 - d. Setuju
 - e. Sangat setuju

Putaran 2 : Konsensus Tenaga Non Kesehatan tentang Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB dengan Pembelajaran Mesin

Metode : *Zoom Meeting*

Ronde kedua ini bertujuan untuk mencapai kesepakatan antara tenaga kesehatan dan ahli AI dalam memilih variabel yang paling relevan, algoritma pembelajaran mesin yang sesuai, dan kriteria evaluasi model prediksi. Jawaban Anda di ronde ini akan sangat membantu dalam menyelaraskan pandangan dari kedua sisi.

Bagian 1: Konsensus Variabel Prediktif

Pada ronde pertama, kami mengumpulkan berbagai opini terkait variabel mana yang penting untuk digunakan dalam model prediksi. Berikut adalah variabel-variabel yang dinilai relevan. Silakan beri pendapat Anda kembali, dengan mempertimbangkan masukan dari semua peserta.

Gunakan skala berikut:

- 1 = Sangat tidak setuju
- 2 = Tidak setuju
- 3 = Netral
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat setuju

Variabel	Skala
Usia pasien adalah faktor penting untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB.	
Jenis kelamin pasien berpengaruh dalam prediksi keberhasilan pengobatan TB.	
Berat badan pasien harus diperhitungkan dalam model prediksi.	
Indeks massa tubuh harus diperhitungkan dalam model.	
Sikap pasien terhadap pengobatan memengaruhi prediksi keberhasilan.	
Situasi tempat tinggal (kepadatan) harus dimasukkan sebagai variabel.	
Jumlah kontak serumah harus dimasukkan sebagai variabel.	
Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM) merupakan prediktor yang signifikan.	
Pemeriksaan klinis secara langsung oleh dokter penting untuk prediksi keberhasilan.	
Tipe diagnosis (bakteriologis/secara klinis) harus dipertimbangkan dalam model prediksi.	
Perubahan konversi sputum setelah pengobatan 2 bulan (fase intensif) merupakan indikator keberhasilan pengobatan.	
Status kepemilikan fasilitas kesehatan (pemerintah/swasta) relevan dalam prediksi.	
Jenis tuberkulosis (paru/ekstra paru) merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan.	
Bentuk obat anti TB (OAT) yang diberikan harus dimasukkan ke dalam model.	
Riwayat pengobatan TB sebelumnya relevan dalam prediksi.	
Jenis fasilitas kesehatan (puskesmas/klinik/RS) berpengaruh dalam prediksi.	

Variabel	Skala
Penyakit komorbid seperti (diabetes mellitus, HIV/AIDS) sangat penting dalam prediksi keberhasilan pengobatan.	
Pengawas Menelan Obat (PMO) memainkan peran signifikan dalam keberhasilan pengobatan.	

Bagian 2: Konsensus Algoritma Pembelajaran Mesin

Setelah meninjau berbagai pendapat tentang algoritma yang cocok, kami merumuskan daftar algoritma yang paling disarankan. Silakan beri peringkat algoritma berikut berdasarkan kecocokannya untuk prediksi keberhasilan pengobatan TB, dari 1 (tidak cocok) hingga 5 (sangat cocok) berdasarkan hasil algoritma ML penelitian ini

Jenis <i>Machine Learning</i> (ML)	Skala
Logistic Regression	
Decision Trees	
Random Forest	
MLP	
XG Boost	

Bagian 3: Kriteria Evaluasi Model

Kami juga telah mengumpulkan berbagai pandangan tentang kriteria evaluasi yang penting untuk mengukur kinerja model prediksi. Di bawah ini adalah metrik yang paling sering disebutkan. Tolong berikan penilaian Anda tentang pentingnya masing-masing metrik dalam konteks prediksi keberhasilan pengobatan TB, dengan skala 1 hingga 5.

Kriteria	Skala
Akurasi (seberapa tepat prediksi sesuai dengan hasil sebenarnya)	
Sensitivitas (kemampuan sistem untuk mendeteksi pasien yang berhasil sembuh)	
Spesifisitas (kemampuan sistem untuk mengidentifikasi pasien yang tidak sembuh)	
F1 Skor (kombinasi dari sensitivitas dan presisi)	
AUC-ROC (area di bawah kurva untuk melihat performa keseluruhan model)	
Log Loss (mengukur probabilitas prediksi yang salah)	

Precision-Recall AUC (untuk mengatasi ketidakseimbangan data)	
---	--

Putaran 2 : Konsensus Tenaga Kesehatan dan Non Kesehatan tentang Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB dengan Pembelajaran Mesin

Metode : *Zoom Meeting*

Konsensus Variabel Prediktif

Pada ronde pertama, kami mengumpulkan berbagai opini terkait variabel mana yang penting untuk digunakan dalam model prediksi. Berikut adalah variabel-variabel yang dinilai relevan. Silakan beri pendapat Anda kembali, dengan mempertimbangkan masukan dari semua peserta.

Gunakan skala berikut:

- 1 = Sangat tidak setuju
- 2 = Tidak setuju
- 3 = Netral
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat setuju

Variabel	Skala
Usia pasien adalah faktor penting untuk memprediksi keberhasilan pengobatan TB.	
Jenis kelamin pasien berpengaruh dalam prediksi keberhasilan pengobatan TB.	
Berat badan pasien harus diperhitungkan dalam model prediksi.	
Indeks massa tubuh harus diperhitungkan dalam model.	
Sikap pasien terhadap pengobatan memengaruhi prediksi keberhasilan.	
Situasi tempat tinggal (kepadatan) harus dimasukkan sebagai variabel.	
Jumlah kontak serumah harus dimasukkan sebagai variabel.	
Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM) merupakan prediktor yang signifikan.	
Pemeriksaan klinis secara langsung oleh dokter penting untuk prediksi keberhasilan.	
Tipe diagnosis (bakteriologis/secara klinis) harus dipertimbangkan dalam model prediksi.	
Perubahan konversi sputum setelah pengobatan 2 bulan (fase intensif) merupakan indikator keberhasilan pengobatan.	
Status kepemilikan fasilitas kesehatan (pemerintah/swasta) relevan dalam prediksi.	
Jenis tuberkulosis (paru/ekstra paru) merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan.	
Bentuk obat anti TB (OAT) yang diberikan harus dimasukkan ke dalam model.	
Riwayat pengobatan TB sebelumnya relevan dalam prediksi.	
Jenis fasilitas kesehatan (puskesmas/klinik/RS) berpengaruh dalam prediksi.	

Variabel	Skala
Penyakit komorbid seperti (diabetes mellitus, HIV/AIDS) sangat penting dalam prediksi keberhasilan pengobatan.	
Pengawas Menelan Obat (PMO) memainkan peran signifikan dalam keberhasilan pengobatan.	

Lampiran 6 Gambaran data dan analisis data

Data numerik

	berat_badan	tinggi_badan	index_massa_tubuh	situasi_tempat_tinggal_pasien	Usia	Jumlah_kontak_serumah
count	344992.000	344992.000	344992.000	344992.000	344992.000	344992.000
mean	47.889	1.589	18.969	2940.046	39.331	2.007
std	7.991	0.073	2.978	4601.156	14.075	0.247
min	30.000		10.185	3.000	15.000	0.000
25%	42.000	1.550	16.806	421.000	27.000	2.000
50%	48.000	1.590	18.750	1048.000	40.000	2.000
75%	54.000	1.650	20.937	2588.000	51.000	2.000
max	68.500	1.980	30.000	22061.000	64.000	6.000

Sebaran data deskriptif seluruh variabel

	jumlah_kontak_serumah	usia	jenis_kelamin	berat_badan	index_massa_tubuh	sikap	situasi_tempa_tinggal_pasien	Pemeriksaan_TCM	pemeriksaan_klinis	tipe_diagnosis
count	344992	344992	344992	344992	344992	344992	344992	344992	344992	344992
unique	2	5	2	2	4	3	4	3	2	2
top	≤ 4 orang	45-54 tahun	L	Tidak berisiko	BB kurang	datang sendiri	Sangat padat	Negatif	Dengan pemeriksaan tambahan	Bakteriologis
freq	344196	73789	193708	294608	159069	310096	259641	181850	196573	226282

perubahan_konversi_sputum	jenis_fasyankes	status_kepemilikan_fasilitas_kesehatan	riwayat_pengobatan_sebelumnya	jenis_tuberkulosis	penyakit_komorbid	bentuk_OAT	PMO	keberhasilan_pengobatan
344992	344992	344992	344992	344992	344992	344992	344992	344992
2	2	2	2	2	3	2	2	2
Tidak	Layanan Primer	Pemerintah	Bukan kasus baru	TBC Paru	Tidak Ada	KDT	Tidak Diketahui	Berhasil
337168	263770	306444	344573	323577	267759	338807	273388	338390

Analisa Persebaran Data

Variabel Independen	Kategori	Frekuensi n		Persentase %	
		Berhasil	Gagal	Berhasil	Gagal
Kontak serumah	> 4 orang	792	4	0.23	0.06
	<= 4 orang	337598	6598	99.77	99.94
Jumlah		338390	6602	100	100
Umur	15-24 tahun	68745	1398	20.32	21.18
	25-34 tahun	67503	1296	19.95	19.63
	35-44 tahun	67209	1371	19.86	20.77
	45-54 tahun	72398	1391	21.39	21.07
	55-64 tahun	62535	1146	18.48	17.36
Jumlah		338390	6602	100	100
Jenis kelamin	L	190068	3640	56.17	55.13
	P	148322	2962	43.83	44.87
Jumlah		338390	6602	100	100

Variabel Independen	Kategori	Frekuensi n		Persentase %	
		Berhasil	Gagal	Berhasil	Gagal
Berat badan	Berisiko	49367	1017	14.59	15.40
	Tidak berisiko	289023	5585	85.41	84.60
Jumlah		338390	6602	100	100
Index massa Tubuh	BB kurang	155954	3115	46.09	47.18
	BB lebih	24687	451	7.30	6.83
	Normal	149471	2891	44.17	43.79
	Obese	8278	145	2.45	2.20
Jumlah		338390	6602	100	100
Sikap (dirujuk dll)	Skrining penyakit lainnya	364	25	0.11	0.38
	Datang sendiri	304405	5691	89.96	86.20
	Dirujuk	33621	886	9.94	13.42
Jumlah		338390	6602	100	100
Situasi tempat tinggal (kepadatan penduduk)	Cukup padat	14649	316	4.33	4.79
	Kurang padat	92055	1775	27.20	26.89
	Sangat padat	209253	3960	61.84	59.98
	Tidak padat	22433	551	6.63	8.35
Jumlah		338390	6602	100	100
Pemeriksaan TCM (hasil xpert)	Negatif	179704	2146	53.11	32.51
	Positif	41551	519	12.28	7.86
	Tidak ada data	117135	3937	34.62	59.63
Jumlah		338390	6602	100	100
pemeriksaan klinis	Dengan pemeriksaan tambahan	192605	3968	56.92	60.10

Variabel Independen	Kategori	Frekuensi		Persentase	
		n		%	
		Berhasil	Gagal	Berhasil	Gagal
	Tanpa pemeriksaan tambahan	145785	2634	43.08	39.90
Jumlah		338390	6602	100	100
tipe diagnosis	Bakteriologis	222357	3925	65.71	59.45
	Secara klinis	116033	2677	34.29	40.55
Jumlah		338390	6602	100	100
Konversi sputum BTA (mikroskopis akhir bulan 2)	Tidak	330705	6463	97.73	97.89
	Ya	7685	139	2.27	2.11
Jumlah		338390	6602	100	100
Jenis fasyankes	Layanan primer	258397	5373	76.36	81.38
	Layanan skunder	79993	1229	23.64	18.62
Jumlah		338390	6602	100	100
status pemilik	Pemerintah	300345	6099	88.76	92.38
	Swasta	38045	503	11.24	7.62
Jumlah		338390	6602	100	100
Riwayat pengobatan sebelumnya	Bukan kasus baru	11466	117	3.39	1.77
	Kasus baru	326924	6485	96.61	98.23
Jumlah		338390	6602	100	100
Lokasi penyakit (jenis penyakit)	TB ekstraparu	20955	460	6.19	6.97
	TB paru	317435	6142	93.81	93.03
Jumlah		338390	6602	100	100
Penyakit komorbid	Ada	43132	759	12.75	11.50

Variabel Independen	Kategori	Frekuensi n		Persentase %	
		Berhasil	Gagal	Berhasil	Gagal
	Tidak ada	262779	4980	77.66	75.43
	Tidak diketahui	32479	863	9.60	13.07
Jumlah		338390	6602	100	100
Bentuk OAT	KDT	332242	6565	98.18	99.44
	Obat Lepas	6148	37	1.82	0.56
Jumlah		338390	6602	100	100
PMO	Ada	69482	2122	20.53	32.14
	Tidak diketahui	268908	4480	79.47	67.86
Jumlah		338390	6602	100	100

Analisa Bivariate menggunakan P-Value, OR, dan CI 95%

No.	Variabel	P-Value	Odds Ratio	CI 95%	
				Lower	Upper
1.	Kontak_serumah	0.005	3.87	1.448	10.339
2.	Umur	0.039	0.98	0.963	0.997
3.	JK	0.096	1.043	0.993	1.095
4.	Berat_badan	0.066	0.938	0.877	1.004
5.	Index_massa_tubuh	0.140	0.98	0.957	1.005
6.	Sikap	<0.001	1.368	1.273	1.47
7.	Situasi_tempat_tinggal	<0.001	1.027	0.989	1.066
8.	Pemeriksaan_TCM	<0.001	1.702	1.657	1.749
9.	Pemeriksaan_klinis	<0.001	0.877	0.834	0.922
10.	Tipe_diagnosis	<0.001	1.307	1.244	1.374
11.	Konversi_sputum_BTA	0.393	0.926	0.781	1.096
12.	Jenis_fasyankes	<0.001	0.739	0.694	0.000
13.	Status_pemilik	<0.001	0.651	0.594	0.713
14.	Riwayat pengobatan	<0.001	1.944	1.618	0.000
15.	Lokasi_penyakit	0.010	0.881	0.801	0.97
16.	Penyakit_komorbid	<0.001	1.237	1.174	1.302
17.	Bentuk_OAT	<0.001	0.305	0.22	0.421
18.	PMO	<0.001	0.546	0.518	0.575

Analisis multivariat (Regresi Logistik)

Variabel	Kategori	Beta Coefficient	CI 95%		Adjusted OR	p-value (Sig)
			Lower	Upper		
Umur	15-24 (R)				1	
	25-34 tahun	-0.12	0.85	1.03	0.94	0.443
	35-44 tahun	-0.08	0.85	1.00	0.92	0.618
	45-54 tahun	-0.15	0.85	0.99	0.86	0.023
	55-64 tahun	-0.20	0.80	0.96	0.87	0.008
Jenis Kelamin	P (R)				1	
	L	0.04	0.993	1.095	1.04	0.096

Berat Badan (kg)	Tidak berisiko (R)				1	
	Berisiko ($L \leq 42$, $P \leq 35$)	0.25		1.22	0.83	0.004
Indeks Massa Tubuh (kg/m^2)	Normal (18.5-22.9) (R)				1	
	BB kurang (<18.5)	-0.02	0.82	0.97	0.89	0.008
	BB lebih (23-24.9)	0.07	0.95	1.12	1.03	0.420
	Obese (≥ 25)	-0.12	0.84	1.05	0.94	0.320
Sikap	Datang sendiri (R)				1	
	Skrining penyakit lain	-1.20	0.25	0.55	0.38	<0.001
	Dirujuk	-0.40	0.85	0.95	0.90	0.002
Situasi Tempat Tinggal Pasien (jiwa/km^2)	Tidak padat (1-50) (R)				1	
	Kurang padat (51-250)	-0.14	0.76	1.05	0.87	0.056
	Cukup padat (251-400)	-0.26	0.77	0.85	0.77	<0.001
	Sangat padat (>400)	-0.26	0.70	0.85	0.77	<0.001
Jumlah Kontak Serumah	≤ 4 orang (R)				1	
	> 4 orang	1.35	1.45	10.34	3.87	0.005
Pemeriksaan TCM	Positif (R)				1	
	Negatif	0.05	-0.02	0.12	1.05	0.16
	Tidak ada data	0.77	-0.85	-0.69	0.46	<0.001
Pemeriksaan Klinis	Tanpa tambahan (R)				1	
	Dengan tambahan	-0.13	0.84	0.92	0.88	<0.001
Tipe Diagnosis	Bakteriologis (R)				1	
	Secara klinis	-0.22	0.85	0.97	0.91	0.008
Perubahan Konversi Sputum	Ya (R)				1	
	Tidak	0.02	0.98	1.03	1.01	0.780
Jenis Fasyankes	Layanan primer (R)				1	
	Layanan sekunder	0.23	0.18	0.27	1.25	<0.001
Status kepemilikan fasyankes	Pemerintah (R)				1	
	Swasta	0.28	0.20	0.36	1.32	<0.001
Riwayat Pengobatan sebelumnya	Kasus baru (R)				1	
	Bukan kasus baru	0.18	0.12	0.24	1.2	<0.001

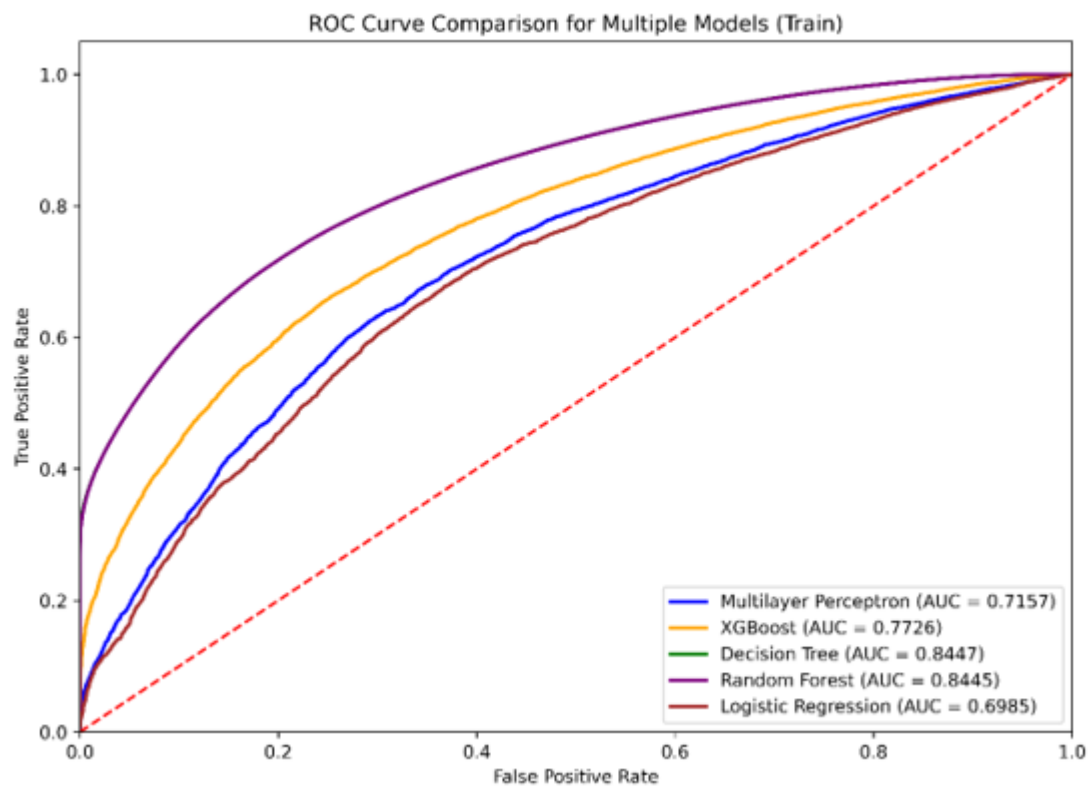
Jenis Tuberkulosis	TBC paru (R)				1	
	TBC ekstraparu	-0.13	0.80	0.97	0.88	0.010
Penyakit Komorbid	Tidak ada (R)				1	
	Ada	0.08	0.02	0.14	1.08	0.012
	Tidak diketahui	-0.13	-0.19	-0.07	0.88	<0.001
Bentuk OAT	KDT (R)				1	
	Obat lepas	1.19	0.220	0.421	1.31	<0.001
PMO	Ada (R)				1	
	Tidak diketahui	0.18	1.05	1.32	1.18	0.006

Evaluasi model ML (perset)

Data Training

Model	Accuracy	Sensitivity (Recall)	Specificity	Precision	Recall	F1 Score	AUC Score
Logistic Regression	65.37%	66.27%	64.46%	65.16%	66.27%	65.71%	69.85%
Decision Tree	75.88%	80.38%	80.54%	78.60%	80.38%	74.73%	84.47%
Extreme Gradient Boosting	70.39%	66.80%	74.00%	74.00%	66.80%	69.32%	77.26%
Random Forest	75.88%	80.87%	80.29%	78.44%	80.87%	74.80%	84.45%
MultiLayer Perceptron	66.37%	65.66%	67.09%	66.68%	65.66%	66.17%	71.57%

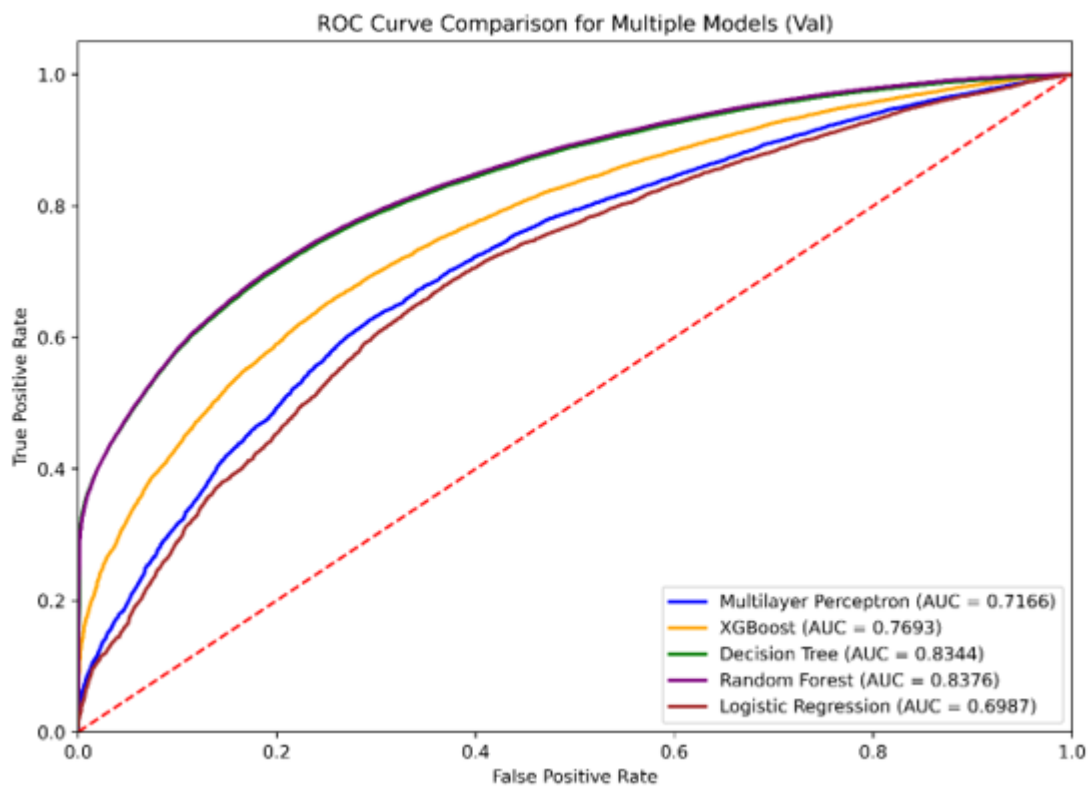
Nilai AUC-ROC (data training)



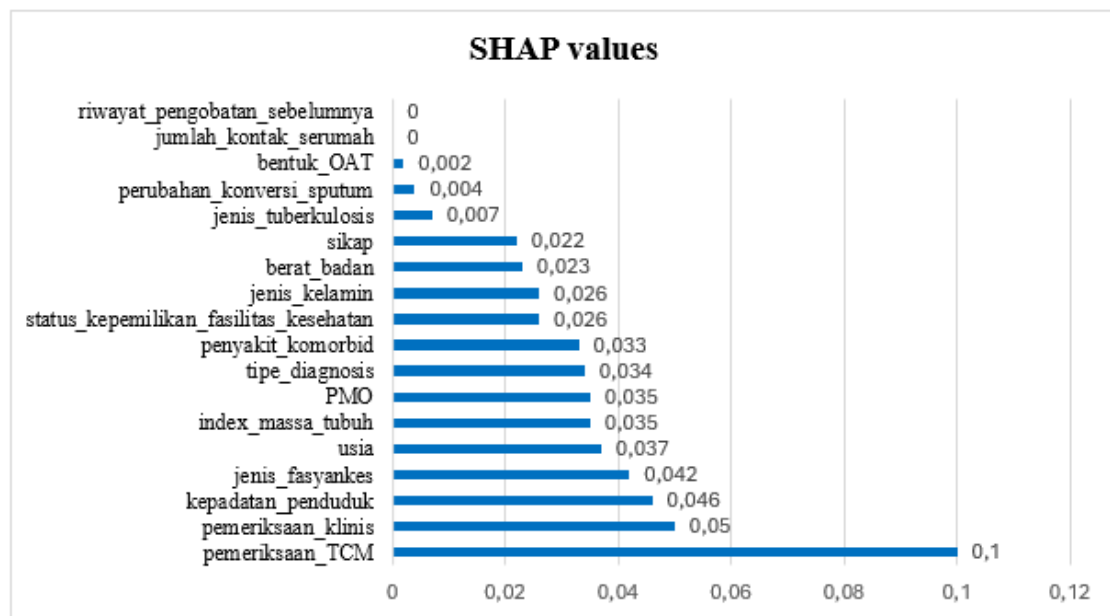
Data Testing (Validasi Internal)

Model	Accuracy	Sensitivity (Recall)	Specificity	Precision	Recall	F1 Score	AUC Score
Logistic Regression	65.71%	66.28%	64.51%	64.96%	66.28%	65.61%	69.87%
Decision Tree	75.23%	80.11%	80.10%	77.82%	80.11%	73.88%	83.44%
Extreme Gradient Boosting	70.05%	66.49%	73.58%	71.42%	66.49%	68.87%	76.93%
Random Forest	75.45%	80.47%	79.85%	77.77%	80.47%	74.25%	83.76%
Multi-Layer Perceptron	66.37%	65.63%	67.11%	66.45%	65.63%	66.04%	71.66%

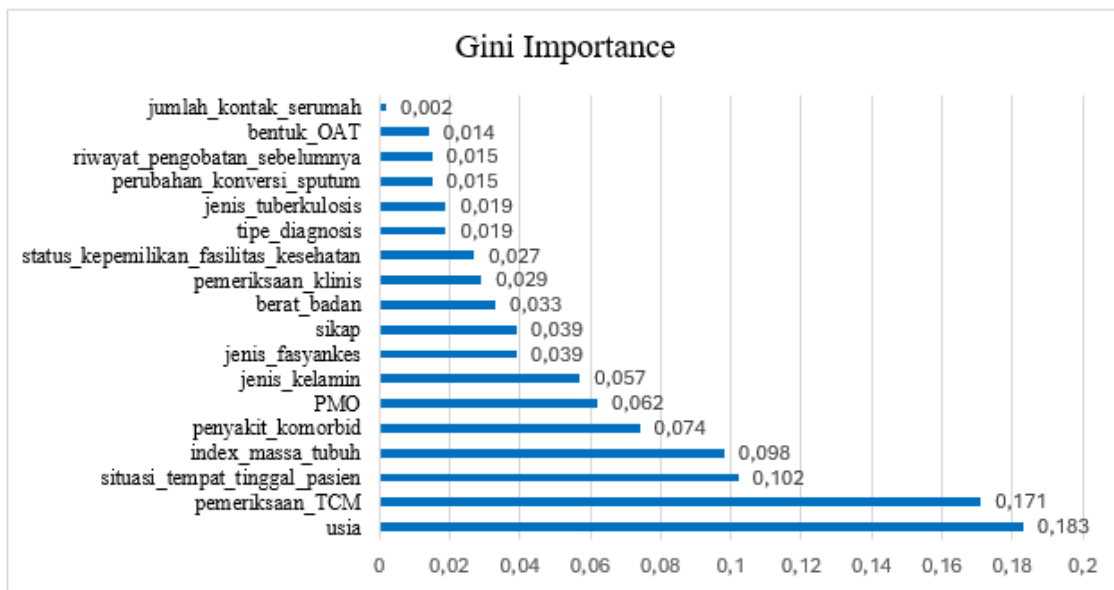
Grafik AUC- ROC (validasi internal)



SHAP Value



Gini



Kinerja ML dengan pengurangan fitur

- 0 : tanpa pengurangan variabel/fitur
- 1 : tanpa fitur riwayat pengobatan
- 2 : tanpa fitur PMO
- 3 : tanpa fitur no 1 + jumlah kontak serumah
- 4 : tanpa fitur no 3 + bentuk OAT
- 5 : tanpa fitur no 4 + jenis TB
- 6 : tanpa fitur no 5 + PMO

	Accuracy	Sensitivity (Recall)	Specificity	Precision	Recall	F1 Score	AUC Scor
Seluruh variabel	75.45%	80.47%	79.85%	77.77%	80.47%	74.25%	83.76%
Pengurangan 1	75.43%	80.12%	79.90%	77.79%	80.12%	74.20%	83.74%
Pengurangan 2	72.13%	76.15%	74.10%	72.89%	76.15%	71.49%	72.12%
Pengurangan 3	75.40%	80.08%	79.35%	77.44%	80.08%	74.32%	83.70%
Pengurangan 4	75.27%	80.05%	79.38%	77.40%	80.05%	74.13%	83.54%
Pengurangan 5	74.68%	79.29%	79.05%	76.90%	79.29%	73.45%	82.83%
Pengurangan 6	71.23%	76.44%	73.01%	71.86%	76.44%	70.63%	78.86%

Lampiran 7 Matriks Hasil SLR

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
1.	Ruru, et al. (2018)	Case-control study	mengidentifikasi faktor-faktor yang berhubungan dengan ketidakpatuhan dalam pengobatan TB pasien yang berobat di Puskesmas di Jayapura, Papua	Jayapura	Chi-square / Fisher	Sulitnya akses ke layanan kesehatan (jarak/biaya perjalanan dan riwayat pindah tempat tinggal dalam satu tahun terakhir), kurangnya pengetahuan, pengalaman pengobatan, bentuk obat yang diberikan berhubungan dengan kepatuhan pengobatan.
2.	Fitri LD, et al (2018)	Cross-sectional	menganalisis determinan kepatuhan minum obat pasien	Padang	Chi-square dan regresi linear logistic	Terdapat hubungan pengetahuan (0,000), sikap (0,000), pendidikan (0,000), pekerjaan (0,001), dan dukungan keluarga (0,000) terhadap kepatuhan minum obat. Pengetahuan merupakan

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						faktor dominan yang memengaruhi kepatuhan minum obat pasien TB Paru dengan nilai OR (Exp B = 29.169).
3.	Ulfah, et al. (2018)	Case control	mengetahui faktor-faktor yang berhubungan dengan kepatuhan pengobatan TB Paru	Subang	Chi-square dan analisis multivariat regresi logistic berganda	Faktor yang berhubungan dengan kepatuhan pengobatan TB paru adalah dukungan keluarga (p=0.003; OR=2,956), jenis kelamin (p=0,045;OR=1,961), pendidikan (p=0,045; OR=1,962), pekerjaan (p =0.043;OR=1,989), pengetahuan (p =0,005; OR= 2,529), efek samping obat (p =0,045; OR=1,961), peran PMO

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						p =0,000;OR=3,500), jarak fasilitas kesehatan (p=0,044; OR= 1,967), sikap petugas (p=0,020; OR=2,172). Faktor yang tidak berhubungan dengan kepatuhan pengobatan TB paru adalah pendapatan (p=0,164) dan usia (p=0.535)
4.	Mamahit AY, et al (2019)	Cross-sectional	Hubungan tingkat pengetahuan dan motivasi penderita Tuberculosis Paru dengan kepatuhan minum obat.	Menado	Chi-square	Terdapat hubungan antara pengetahuan dan motivasi penderita tuberkolosis paru dengan kepatuhan minum obat, sehingga dapat dikatakan bahwa semakin baik tingkat pengetahuan dan semakin tinggi motivasi maka kesembuhan dapat diperoleh.

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
5.	Hamidi, et al. (2019)	Cross-sectional	Meneliti faktor-faktor penentu kepatuhan pengobatan di antara pasien tuberkulosis.	Bengkulu	Chi-square Regresi linear logistic	Kepatuhan terhadap pengobatan anti tuberkulosis secara langsung dan positif dipengaruhi oleh usia ($b=2,96$; CI 95% = 1,1 -4,79; $p=0,002$), jenis kelamin ($b=1,48$; CI 95% = 0,02-2,95; $p=0,047$), pendidikan ($b=2,18$; CI 95% = 0,24 - 4,11; $p=0,027$), pendapatan ($b=0,85$; CI 95% = 0,76-2,45; $p=0,031$), pengetahuan ($b=2,27$; CI 95% = 0,32- 4,22; $p=0,023$), peran pengawas minum obat ($b=3,46$; CI 95% = 1,57- 5,36; $p<0,001$), ketersediaan obat ($b=0,04$; CI 95% = -6,07 -6,16; $p=0,989$), dan dukungan keluarga ($b=2,97$; CI 95% = 1,30-

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						4,64; $p < 0,001$). Hal ini dipengaruhi secara negatif oleh efek samping obat ($b = -3,07$; CI 95% = -4,90 hingga -1,24; $p = 0,001$), jarak ke layanan kesehatan ($b = -1,86$; CI 95% = -3,61 hingga -0,11; $p = 0,037$), dan masa kerja ($b = -2,16$; CI 95% = -3,95 hingga -0,38; $p = 0,017$). Kepatuhan terhadap pengobatan anti tuberkulosis secara tidak langsung dipengaruhi oleh pendapatan, pengetahuan, dan peran pengawas pengobatan

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
6.	Rusman, Basri SK. (2019)	Cross-sectional	mengetahui fakto pendidikan, faktor pengetahuan dan faktor sikap pada penderita TB paru terhadap kepatuhan minum Obat Anti Tuberculosis (OAT) pada pasien TB paru di Puskesmas	Indramayu	Chi-square	Tidak ada hubungan antara pendidikan dengan kepatuhan minum OAT (p-Value 0,082, $p > 0,05$); Ada hubungan antara pengetahuan dengan kepatuhan minum OAT (p-Value 0,012, $p < 0,05$) dan ada hubungan antara sikap dengan kepatuhan minum OAT (p-Value 0,040, $p < 0,05$)
7	Rachmawati DS,et al (2020)	Cross- sectional	melihat pengaruh faktor keluarga (tingkat stres keluarga dan ketahanan keluarga) dengan kepatuhan berobat penderita TB paru	Surabaya	Pearson correlation	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat stres keluarga sebagian besar dalam kategori normal (86,6%), resiliensi keluarga sebagian besar dalam kategori baik (79,9%), dan , dan kepatuhan minum obat

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						TB sebagian besar dalam kategori sedang (39,8%). Hasil uji korelasi Pearson diperoleh tingkat stres keluarga keluarga berhubungan dengan kepatuhan minum obat TB ($p = 0,004$) dan ketahanan keluarga memiliki hubungan dengan kepatuhan minum obat TB ($p = 0,001$).
8	Andriati R, Sudrajat A (2020)	Cross-sectional	menganalisa Faktor kepatuhan Terapi Obat Anti Tuberkulosis (OAT) Kombinasi Dosis Tetap (KDT) pada pasien dengan tuberkulosis paru	Tangerang	Chi-square	Berdasarkan analisis univariat responden berada dikelompok umur produktif sebanyak 46 (97,9%),sedangkan berdasarkan analisis bivariat didapatkan ada hubungan dengan pengetahuan, efek samping AOT, jarak

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						tempat tinggal , peran PMO dan peran kesehatan dengan kepatuhan Terapi Obat Anti Tuberkulodid (OAT) Kombinasi Dosis Tetap (KDT) dengan nilai $P < 0,05$. Sedangkan tidak ada hubungan antara usia, jenis kelamin, pendidikan dan status pekerjaan dengan kepatuhan Terapi Obat Anti Tuberkulodid (OAT) Kombinasi Dosis Tetap (KDT) dengan nilai $P > 0,05$
9	Aini L, Astuti L. (2020)	Cross sectional	mengetahui hubungan antara efek samping OAT dan peran PMO dengan kepatuhan berobat pada penderita tuberculosis paru	Palembang	Chi-square	Distribusi frekuensi responden TB paru yang patuh berobat sebanyak 37 responden (72,5%), responden yang mengalami efek samping

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						OAT rendah sebanyak 39 responden (76,5%), responden peran PMO baik sebanyak 34 responden (66,7%). Hasil uji chi square diketahui bahwa ada hubungan antara efek samping OAT (p value = 0,011) dan peran PMO (p value = 0,007) dengan kepatuhan berobat pada penderita tuberculosis paru
10	Rosadi D. (2020)	Cross sectional	mengklarifikasi hubungan umur, jenis kelamin, pendidikan, efek samping pengobatan, pengetahuan, sikap petugas kesehatan	Banjarmasin	Fisher exact	Variabel pengetahuan (p value = 0,019) berhubungan dengan kepatuhan minum obat anti tuberkulosis. Sedangkan variabel jenis kelamin (p value = 1.000) tidak berhubungan dengan

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
			dengan kepatuhan minum obat anti tuberculosis			kepatuhan minum obat anti tuberculosis. Semakin tinggi pengetahuan pasien maka akan semakin tinggi tingkat kepatuhan dalam minum obat anti tuberculosis
11	Diesty UAF, et al. (2020)	Cross-sectional	mengetahui determinan kepatuhan berobat penderita tuberculosis	Palembang	Chi-Square & multiple logistic regression	Didapatkan kepatuhan berobat pasien tuberculosis sebesar 42,8%. Terdapat hubungan yang signifikan antara persepsi manfaat ($p=0,000$; $OR=3,556$), dukungan keluarga ($p=0,000$; $OR=3,512$), dukungan petugas kesehatan ($p=0,001$; $OR=2,712$), pengetahuan ($p=0,018$; $OR=2,027$) dengan kepatuhan

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						berobat pasien tuberculosis
12	Listyarini AD, Heristiana DM (2021)	Cross sectional	mengetahui hubungan pengetahuan dan sikap penderita TB paru dengan kepatuhan minum obat anti tuberkulosis	Demak	Chi-Square	pengetahuan dan kepatuhan mendapatkan nilai p 0,000. Analisis sikap dan kepatuhan mendapatkan nilai p 0,000. Ada hubungan antara pengetahuan dan sikap penderita TB dengan kepatuhan minum obat anti tuberkulosis
13	Mujamil, et al. (2021)	Cross sectional	menilai factor-faktor yang berhubungan dengan kepatuhan minum obat penderita TB dalam situasi pandemic Covid 19.	Kendari	Chi-Square & logisric regression	Faktor-faktor yang berhubungan secara signifikan dengan kepatuhan minum OAT adalah pengetahuan (OR 14.909), motivasi (OR 6.783), jarak rumah (OR

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						5.591), dukungan keluarga (OR 4.071), dan peran petugas kesehatan (OR 11.500). Sedangkan factor pembiayaan dan efek samping obat tidak berhubungan secara signifikan. Hasil studi ini menunjukkan bahwa pengetahuan dan peran petugas kesehatan pengobatan TB dominan berpengaruh terhadap kepatuhan minum OAT di Puskesmas Wilayah Kota Kendari ($p=0,001$ dan $p=0,003$), dengan kontribusi terhadap kepatuhan minum OAT sebesar 53%.

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
14	Lucya V, Arief NT (2022)	Cross-sectional	menentukan faktor-faktor yang memengaruhi kepatuhan minum obat pada pasien TB paru	Sukabumi	Chi-Square & simple linear regression	faktor-faktor yang berhubungan dengan kepatuhan minum obat pada pasien TB menunjukkan bahwa usia, tingkat pendidikan, lama pengobatan, efek samping obat, dan dukungan keluarga berhubungan dengan kepatuhan minum obat pasien TB paru.
15	Syahridal, et al. (2022)	Case-control	mengetahui faktor-faktor yang berhubungan dengan putus pengobatan pasien TB Paru di Puskesmas	Gowa-Sulawesi Selatan	Chi-square	ada hubungan antara pengetahuan pasien, dukungan PMO, motivasi keluarga, efek samping obat, dan dukungan petugas kesehatan dengan putus pengobatan pasien TB paru di Puskesmas

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
16	Astuti EA, et al. (2022)	Cross sectional	menganalisis faktor-faktor yang berhubungan dengan kepatuhan pengobatan pasien tuberkulosis yang sensitif terhadap obat (TB-SO) selama pandemi COVID-19	Surakarta	Chi-square	lebih banyak pasien yang patuh (79%) dibandingkan pasien yang tidak patuh (21%). Faktor-faktor yang terkait dengan kepatuhan pengobatan adalah peran tenaga kesehatan ($p = 0,045$) dan Pengawas Menelan Obat (PMO). ($p = 0,035$).
17	Syafruddin, et al. (2022)	Case-control	mengetahui factor risiko ketidakpatuhan penderita TB Paru dalam pengobatan di Wilayah Kerja Puskesmas	Mamuju-Sulawesi Barat	Chi-square	Menunjukkan bahwa pengetahuan (OR=2,472; 95%CI=1,047-1,058), motivasi (OR=4,392; 95%CI=1,795-10,742), PMO (Dukungan Keluarga) (OR=2,781; 95%CI=1,229-6,291) dukungan petugas kesehatan (OR=1,28; 95%CI=0,349-3,644 dan

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						akses ke fasilitas kesehatan (OR=1,609); 95%CI=0,670-3,864) merupakan faktor risiko terhadap ketidakpatuhan pengobatan TB Paru
18	Hayati SM, et al . (2022)	Cross-sectional	menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi ACT (Acceptance and Commitment Therapy) pada pasien TB paru.	Medan	Chi-square	ada hubungan antara usia dengan ACT (p value = 0,004., <0,005), tidak ada hubungan antara jenis kelamin dengan ACT (p value = 0,006, <0,005), ada hubungan antara lama menderita TB paru dengan ACT (p value = 0,001, <0,005), ada hubungan antara dengan ACT (p value= 0,001, <0,005), menunjukkan bahwa ada hubungan antara usia dengan ACT (p value= 0,001, <0,005),

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						menunjukkan bahwa ada hubungan antara ACT (p value= 0,001, <0,005) dan ada hubungan antara tidak pernah mendapatkan penyuluhan tentang TB paru dengan ACT (p value= 0,001, <0,005). paru dengan ACT (p value= 0.004, <0.005).
19	Ahdiyah NN, et al. (2022)	Cross-sectional	mengetahui tingkat kepatuhan penggunaan obat anti tuberkulosis pada pasien TB paru	Jambi	Chi-square	menunjukan bahwa tingkat kepatuhan penggunaan obat anti tuberkulosis sebanyak 26 responden (76,47%) memiliki kepatuhan tinggi, 7 responden (20,58%) memiliki kepatuhan sedang, dan 1 responden (2,95%) memiliki kepatuhan dan untuk uji chi square hanya

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						penghasilan yang memiliki hubungan antar tingkat kepatuhan.
20	Sukatemin. (2022)	Case control	faktor yang berkorelasi dengan kejadian drop out tuberkulosis paru antara lain dukungan keluarga, dukungan tenaga kesehatan, kesulitan mengakses fasilitas pelayanan kesehatan dan faktor obat anti tuberkulosis (OAT).	Nabire-Papua	Spearman correlation	Berdasarkan uji statistik didapatkan hasil dukungan keluarga sebesar 0,000, dukungan tenaga kesehatan sebesar 0,003, kesulitan berobat ke fasilitas kesehatan sebesar 0,002 dan faktor obat sebesar 0,06, dimana $P = < 0,05$.
21	Susilo A, et al. (2023)	Non experimental, teknik sampling purposive sampling	mengetahui hubungan tingkat pengetahuan tentang Tuberkulosis Paru dengan kepatuhan minum Obat pada pasien tuberkulosis	Wonogiri	Kendall's Tau correlation	Responden yang mempunyai tingkat pengetahuan tinggi sebanyak 42,10%, tingkat pengetahuan sedang sebanyak 55,30%

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						dan tingkat pengetahuan rendah sebanyak 2,60%. Tingkat kepatuhan minum OAT tinggi pada 44,70% responden, tingkat kepatuhan sedang pada 28,30% responden dan tingkat kepatuhan rendah pada 26,30% responden. Analisis hubungan tingkat pengetahuan dengan tingkat kepatuhan minum obat menunjukkan p value 0,000 ($< 0,05$) dengan nilai korelasi (r) = 0,489.
22	Karuniawati H, et al. (2023)	Cross-sectional	menganalisis faktor asosiasi yang diduga berpengaruh terhadap ketidakberhasilan	Surakarta	Multivariate logistic analysis	Faktor-faktor yang diprediksi memengaruhi ketidakpatuhan minum obat anti tuberkulosis adalah keyakinan tentang

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
			pengobatan pasien TB paru. paru terhadap ketidakpatuhan pasien TB paru dalam minum obat anti tuberkulosis			obat subskala bahaya ($p = 0,001$; $OR = 8,167$), menderita efek samping obat ($p = 0,022$; $OR = 4,222$), dan keyakinan tentang obat pada subskala penggunaan berlebihan ($p = 0,038$; $OR = 3,504$). Hal ini menunjukkan adanya keyakinan yang salah dari pasien dan efek samping. Keyakinan pasien yang salah dan efek samping dapat memengaruhi kepatuhan pasien terhadap obat TB.
23	Girsang YB. (2023)	Cross-sectional	mengidentifikasi hubungan	Depok, Jawa Barat	Chi-square	Hasil nilai p-value penelitian antara hubungan efikasi diri dengan tingkat

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
			antara efikasi diri dengan kepatuhan berobat pada pasien tuberkulosis paru			kepatuhan minum obat pada minum obat pada pasien tuberkulosis paru $0,004 < 0,005$, dengan hasil analisis responden yang memiliki efikasi diri yang buruk sebanyak 53,3% memiliki perilaku patuh dalam dalam meminum obat. Dan berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai OR (1,417) berarti dapat diketahui bahwa pasiendengan efikasi diri yang baik memiliki peluang 1,4 kali untuk mengalami tingkat kepatuhan yang baik dibandingkan dengan pasien yang memiliki efikasi yang kurang baik dengan tingkat

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						tingkat kepatuhan yang cukup.
24	Siburian, et al . (2023)	Cross-sectional	Menganalisis hubungan pengetahuan dengan kepatuhan minum obat pada pasien tuberkulosis paru di Puskesmas	Kabupaten Nias Selatan	Spearman Rho Correlation	Terdapat hubungan pengetahuan dengan kepatuhan minum obat pada pasien tuberkulosis paru ($p=0,008$, $r=0,466$)
25	Nasrullah D, et al. (2023)	Cross-sectional	menentukan tingkat kepatuhan dan apa saja faktor-faktor yang memengaruhi pasien TB dalam pengobatan selama pandemi.	Surabaya	SEM	faktor-faktor yang memengaruhi kepatuhan minum OAT pada pasien TB adalah usia, tingkat pendidikan, status pekerjaan, status perkawinan, lokasi tempat tinggal, dan tempat tinggal, dan tingkat pendapatan. Analisis regresi logistik berganda menunjukkan bahwa faktor yang

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						dominan paling berpengaruh terhadap kepatuhan adalah adalah tingkat pendidikan. Responden dengan tingkat pendidikan tingkat pendidikan tinggi memiliki kecenderungan untuk memiliki tingkat kepatuhan yang baik sebesar 22,077 kali dibandingkan dengan responden dengan tingkat pendidikan yang lebih rendah.
26	Amkongo et al. (2023)	Mixed-methods explanatory-sequential	menentukan faktor-faktor yang berhubungan dengan hasil pengobatan yang tidak berhasil dari program Directly Observed Therapy Short course (DOTS)	Namibia	Logistic regression	Umur memengaruhi tingkat keberhasilan pengobatan TB di wilayah Kunene dan Oshana relatif rendah. Kelompok usia dewasa lebih rentan mengalami hasil pengobatan yang

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						buruk. Faktor utama yang memengaruhi kegagalan pengobatan di Kunene adalah gaya hidup nomaden dan sulitnya akses ke layanan kesehatan, sedangkan di Oshana, stigma terhadap TB dan rendahnya kesadaran pasien menjadi faktor utama.
27	Chilyabanyama, Kamanga and Mwandia (2024)	Desain retrospective	Menilai hasil pengobatan TB dan faktor-faktor terkait di antara orang-orang berusia 15 tahun ke atas yang dirawat di Rumah Sakit Chawama Level One di Distrik Lusaka.	Lusaka, Zambia	Pearson Chi-square test dan logistics regression	Tingkat keberhasilan pengobatan TB mencapai 83,4%, mencerminkan potensi perbaikan untuk memenuhi target WHO. Variasi hasil pengobatan terlihat pada jenis kelamin, jenis pasien, tipe TB, status HIV, dan rencana DOT, namun tidak signifikan. Pasien

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						berusia 65 tahun ke atas memiliki peluang keberhasilan pengobatan yang lebih rendah dibandingkan kelompok usia 15–24 tahun. Temuan ini menekankan perlunya intervensi khusus bagi pasien lanjut usia serta program TB yang lebih terfokus.
28	Gilmour et al. (2022)	Studi Kohort	Mengidentifikasi faktor risiko yang terkait dengan hasil pengobatan yang tidak berhasil merupakan komponen penting dalam memaksimalkan keberhasilan program pengendalian TB.	Provinsi Hunan, China	logistic regression	Kegagalan pengobatan terjadi karena kegagalan terapi, kematian, dan putus pengobatan. Risiko kegagalan pengobatan cenderung meningkat pada tahun-tahun pendaftaran yang lebih baru. Faktor risiko utama yang berkontribusi terhadap kegagalan pengobatan meliputi

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						jenis kelamin laki-laki, usia yang lebih tua, kondisi penyakit yang parah, riwayat pengobatan TB sebelumnya, tidak mendapatkan manajemen sistematis, serta penggunaan rejimen pengobatan yang tidak sesuai standar. Temuan ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk memahami tren peningkatan kegagalan pengobatan TB.
29	Chenciner et al. (2021)	Studi Kohort	menyelidiki faktor sosial dan kesehatan yang terkait dengan hasil pengobatan yang tidak menguntungkan	Brazil	logistic regression	Faktor utama yang terkait dengan hasil pengobatan yang buruk adalah tunawisma, HIV, dan penggunaan obat terlarang. Sebaliknya,

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
			pada orang muda dengan tuberkulosis			penerima bantuan tunai dari pemerintah memiliki kemungkinan lebih kecil mengalami kegagalan pengobatan.
30	Kumar et al. (2024)	Retrospective cohort study	menganalisis data yang terekam untuk mempelajari profil klinis-epidemiologis dan mengeksplorasi faktor-faktor yang mungkin memengaruhi hasil pengobatan	India	logistic regression	keberhasilan pengobatan TB lebih sering terjadi pada perempuan, kelompok usia lebih muda, pasien tanpa komorbiditas, penderita TB ekstra-paru, TB paru dengan hasil smear negatif, dan pasien TB baru. Rata-rata tingkat keberhasilan pengobatan di daerah penelitian adalah 83,8%, sejalan dengan rata-rata nasional sebesar 82%. Deteksi dini TB berperan penting dalam meningkatkan keberhasilan

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						pengobatan, dan pemberian konseling menyeluruh kepada pasien mengenai penyakit, pengobatan, dan manajemennya menjadi faktor kunci dalam mencapai hasil pengobatan yang optimal. 4o
31	Biruk et al. (2016)	retrospective cross-sectional study	menilai hasil pengobatan tuberkulosis dan mengidentifikasi faktor-faktor yang terkait dengan hasil pengobatan tuberkulosis.	Ethiopia	logistic regression	Faktor utama yang berkontribusi terhadap kegagalan pengobatan meliputi berat badan rendah (30–39,9 kg), TB paru dengan hasil smear negatif, TB ekstra-paru, pasien yang menjalani pengobatan ulang, serta pasien dengan HIV positif atau status HIV

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						yang tidak diketahui. Mengingat tingginya proporsi kegagalan pengobatan, diperlukan perhatian khusus dan intervensi yang ditargetkan bagi kelompok pasien berisiko tinggi untuk meningkatkan keberhasilan pengobatan TB
32	Zenbaba, Bonsa and Sahiledengle (2021)	retrospective study	menilai tren hasil pengobatan yang tidak berhasil dan faktor-faktor terkait di antara pasien TB di dua rumah sakit umum	Ethiopia	logistic regression	pasien TB mengalami kegagalan pengobatan, dengan tren penurunan moderat selama periode pengobatan. Faktor yang berkontribusi terhadap kegagalan pengobatan meliputi tingkat fasilitas kesehatan, TB paru dengan hasil smear negatif, TB ekstra-paru,

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						pasien rujukan, usia lanjut, dan status HIV. Untuk meningkatkan keberhasilan pengobatan, disarankan untuk memperkuat upaya pengendalian, seperti konseling selama fase intensif dan lanjutan, serta penjadwalan kunjungan rumah bagi pasien TB.
33	Zenebe and Tefera (2016)	retrospective study	menilai hasil pengobatan tuberkulosis dan faktor-faktor terkait di antara pasien tuberkulosis paru dengan hasil apusan positif di fasilitas kesehatan zona satu	Ethiopia	logistic regression	Faktor yang berhubungan dengan keberhasilan pengobatan meliputi usia, jenis kelamin, status HIV, kepatuhan terhadap kunjungan empat mingguan, serta tes tindak lanjut dahak. Meskipun tingkat keberhasilan mendekati

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						target WHO, masih diperlukan upaya lebih lanjut untuk mencapai target global. Kehadiran rutin selama fase lanjutan dan pemeriksaan dahak berkala sangat penting bagi pasien TB paru dengan hasil smear positif.
34	Faye et al. (2023)	Ambidirectional Study	Menyelidiki hasil pengobatan dan faktor terkait di antara pasien tuberkulosis di daerah pedesaan	Eastern Cape, South Africa	logistic regression	Pasien dengan koinfeksi TB-HIV menghadapi tantangan lebih besar dalam pengobatan, yang berdampak negatif pada manajemen TB. Perokok juga membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai hasil pengobatan dibandingkan non-perokok. Selain itu, banyak pasien yang

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						hilang dari tindak lanjut. Untuk meningkatkan keberhasilan pengobatan, disarankan untuk memperkuat pengawasan dan pengendalian TB, terutama bagi pasien dengan koinfeksi TB-HIV.
35	Abebe, Bonsa and Kebede (2019)	retrospective study	menyelidiki hasil pengobatan dan faktor-faktor terkait dengan hasil yang tidak berhasil di Jimma University Medical Center (JUMC)	Ethiopia	logistic regression	Faktor yang berkontribusi terhadap kegagalan pengobatan meliputi TB paru dengan hasil smear negatif, TB ekstra-paru, dan status HIV yang tidak diketahui.
36	Abdulkader et al. (2019)	retrospective study	menentukan hasil pengobatan tuberkulosis dan analisis trennya	Ethiopia	logistic regression	Pasien TB dengan koinfeksi HIV mencatat tingkat keberhasilan yang lebih rendah dibandingkan pasien

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
						tanpa koinfeksi. Perbedaan hasil pengobatan dapat disebabkan oleh variasi dalam penerapan DOTS, durasi studi, ukuran sampel, dan kondisi penelitian.
37	Berhan et al. (2023)	retrospective study	menilai hasil pengobatan Tuberkulosis dan faktor-faktor terkait di Rumah Sakit Pemerintah	Ethiopia	logistic regression	Pasien yang positif HIV memiliki kemungkinan sekitar tiga kali lebih tinggi mengalami kegagalan pengobatan, pasien dengan sputum-positif lebih mungkin mencapai keberhasilan pengobatan.
38	Limenh et al. (2024)	retrospective study	menilai hasil pengobatan TB dan faktor-faktor terkaitnya di antara pasien TB yang menerima	Ethiopia	logistic regression	Faktor-faktor seperti jenis kelamin laki-laki, status gizi normal, tidak ada dugaan resistensi obat TB, dan status HIV negatif berkontribusi

No	Nama peneliti (tahun)	Design studi	Tujuan	Lokasi	Analisis statistik	Hasil
			pengobatan di fasilitas kesehatan umum			terhadap keberhasilan pengobatan. Dengan mempertimbangkan faktor risiko yang terkait dengan hasil pengobatan yang buruk, manajemen pasien dan strategi pengobatan dapat dioptimalkan.
39	Karataş et al. (2024)	A Multicenter Cohort Study	menilai hasil pengobatan pasien TB	Benadir, Somalia	chi-square	Faktor yang berhubungan dengan hasil pengobatan yang tidak menguntungkan meliputi usia yang lebih tua dan koinfeksi HIV.
40	Hayre, Takele and Birri (2024)	retrospective study	menilai hasil pengobatan tuberkulosis dan mengidentifikasi faktor-faktor terkait di antara pasien TB yang terdaftar di Pusat Kesehatan	Ethiopia	logistic regression	tingkat keberhasilan pengobatan lebih tinggi pada pasien berusia 44 tahun ke bawah dibandingkan dengan pasien berusia 45 tahun ke atas.

Lampiran 8 Surat kerja sama dengan pusat AI Trisakti



Center for Artificial Intelligence and Advanced Technology

Campus A, Universitas Trisakti
Building M, Floor 11th
Kyai Tapa Street, No. 1, Grogol, Jakarta
Telp. 021 5671750

Email : captivate@trisakti.ac.id
Website : <https://ppm.trisakti.ac.id/captivate/>

Nomor: Captivate/010/11/2024

Jakarta, 18 November 2024

Perihal: Penawaran Program Pendampingan
Penelitian Disertasi Doktorat

Lampiran: Rencana Kegiatan Pendampingan Penelitian Disertasi Doktorat

Kepada Yth.
Ibu dr. Meiyanti, Sp.FK
Dosen Program Studi Pendidikan Dokter
Fakultas Kedokteran
Universitas Trisakti
Di tempat

Dengan Hormat

Sehubungan dengan sedang dilaksanakannya Penelitian Disertasi Doktorat yang sedang Ibu lakukan dengan Judul “Pengembangan Pembelajaran Mesin Untuk Prediksi Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis Pada Populasi Usia Produktif Di Indonesia” pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, yang saat ini berada pada tahapan pengembangan model pembelajaran mesin yang akan dilanjutkan menuju suatu aplikasi untuk prediksi keberhasilan pengobatan Tuberkulosis pada populasi usia produktif di Indonesia, maka bersama ini kami dari Pusat Kajian Kecerdasan Artifiisial dan Teknologi Maja, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Trisakti mengajukan penawaran Program Pendampingan Penelitian Disertasi Doktorat sebagai berikut:

Lingkup Penawaran	Keterangan	Catatan
Bentuk Pendampingan	Pendampingan dalam Pengembangan Model Pembelajaran Mesin yang mencakup Pengolahan Data, Pembuatan Program Komputasi (Implementasi) serta Pengembangan Aplikasi Scoring untuk Prediksi Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis pada Populasi Usia Produktif di Indonesia	Pengembangan dan implementasi Model pada Platform Cloud (Google Colab) dilanjutkan dengan pembuatan aplikasi prototype stand-alone dengan subset data terbatas
Tim Pendamping	1 Peneliti Senior sebagai Pengarah Konseptual 1 Peneliti Madya sebagai Pengarah Teknis 1 Perekayasa Muda sebagai Pelaksana	Alokasi waktu dan rancangan anggaran terlampir
Jangka Waktu	November 2024 – Juni 2025	7 bulan
Tahapan / Target Penyelesaian	1. Pengembangan dan Implementasi Model Pembelajaran Mesin 2. Konfirmasi dari Expert dari Eksternal 3. Fine-tuning Model dan Implementasinya 4. Pengembangan Aplikasi 5. Analisis dan Finalisasi	Tahapan 1: Januari 2025 Tahapan 2: Februari 2025 Tahapan 3: Februari9 2025 Tahapan 4: Maret 2025 Tahapan 5: April-Mei 2025

Lampiran 9 Metode Delphi Method

Informasi link untuk para narasumber pada metode delphi tahap 1 sebagai berikut :

Kuesioner untuk Nakes :

https://docs.google.com/forms/d/1hvuGJ2xTQaXWUYDLPXvI_aFsijBgc-ehooCaV1TzTq4/edit

Kuesioner Non Nakes : https://docs.google.com/forms/d/1FN0cTidD5Gg-NiX0wXpC7QZ8HvI0Lt4O3TRpfNxLf_s/edit

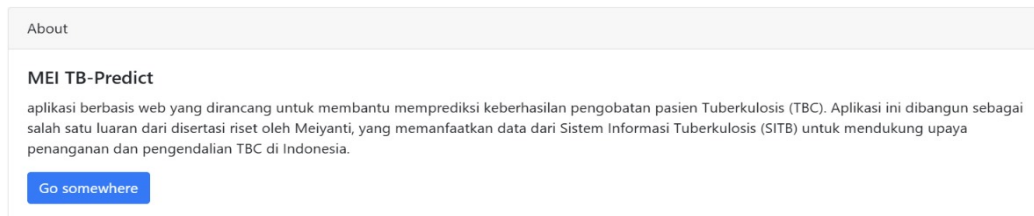
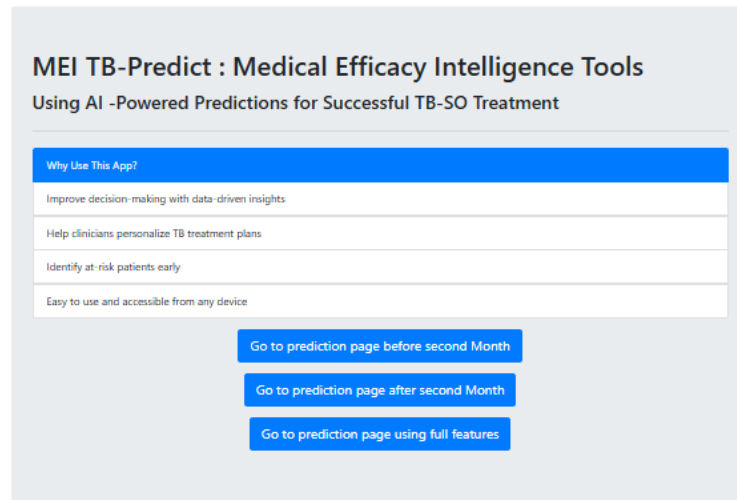
Metode Delphi tahap II

Diskusi Panel Ahli 18 Februari 2025



(dilakukan secara online menggunakan platform Zoom)

Lampiran 10 Web Aplikasi



Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB Sebelum Dua Bulan Pengobatan

Input nilai variabel prediksi

Usia	20	Jenis Kelamin	Laki-Laki
Tinggi Badan (meter)	1,6	Berat Badan (Kg)	50
Propinsi	pilih propinsi	Kabupaten	pilih kabupaten
Pemeriksaan TCM	Positif	Pemeriksaan Klinis	Dengan Pemeriksaan Tambahan klinis
Penyakit Komorbid	Tidak Ada	Perubahan Konversi Sputum	Belum Ada Data
Sikap	Datang sendiri	Pengawas Minum Obat	Belum ada data
Tipe Diagnosis	Bakteriologis: TCM Positif		
Jenis Fasilitas	Praktek Mandiri	Status Kepemilikan Fasilitas Kesehatan	Pemerintah

Predict

Hasil Prediksi

Prediksi keberhasilan sebelum pengobatan 2 bulan

Pengobatan diprediksi Berhasil dengan probabilitas prediksi (0.69) 69.4%

Prediksi Keberhasilan Pengobatan TB Bulan Ke 2

Input nilai variabel prediksi

Usia	20	Jenis Kelamin	Laki-Laki
Tinggi Badan (meter)	1,6	Berat Badan (Kg)	50
Propinsi	pilih propinsi	Kabupaten	pilih kabupaten
Pemeriksaan TCM	Positif	Pemeriksaan Klinis	Dengan Pemeriksaan Tambahan: klinis
Penyakit Komorbid	Tidak Ada	Tipe Diagnosis	Bakteriologis: TCM Positif
Sikap	Datang sendiri	Pengawas Minum Obat	Tidak Diketahui
Jenis Fasyankes	Klinik	Status Kepemilikan Fasilitas Kesehatan	Pemerintah
Perubahan Konversi Sputum	Tidak Ada Perubahan (+ -> +)		

Predict

Hasil Prediksi

Prediksi keberhasilan setelah pengobatan 2 bulan

Pengobatan diprediksi Berhasil dengan probabilitas prediksi (0.82) 81.7%

Model RF Final.ipynb

Saving failed since 1:38 PM

File
Edit
View
Insert
Runtime
Tools
Help

Share
Gemini

Commands
Code
Text

Note

```

encoding_mappings = {
    "jumlah_kontak_serumah": ("> 4 orang": 0, "<= 4 orang": 1), # r111
    "usia": ("15-24 tahun": 0, "25-34 tahun": 1, "35-44 tahun": 2, "45-54 tahun": 3, "55-64 tahun": 4),
    "jenis_kelamin": ("L": 0, "P": 1),
    "berat_badan": ("Berisiko": 0, "Tidak berisiko": 1), # k <= 42 P <= 35
    "index_massa_tubuh": ("BB kurang": 0, "BB lebih": 1, "Normal": 2, "Obese": 3), # bmi <18.5, 18.5 sd 22.9, lebih :23 sd 24.9, obes >=25  bmi = bb / (tb*2)
    "sikap": ("Skrining penyakit lainnya": 0, "datang sendiri": 1, "dirujuk": 2),
    "situasi_tempat_tinggal_pasien": ("Cukup padat": 0, "Kurang padat": 1, "Sangat padat": 2, "Tidak padat": 3), #
    "pemeriksaan_TCM": ("Negatif": 0, "Positif": 1, "Tidak ada data": 2),
    "pemeriksaan_klinis": ("Dengan pemeriksaan tambahan": 0, "Tanpa pemeriksaan tambahan": 1), # dengan tambahan : pemeriksaan klinis/sputum bta/ ronsen torax
    "tipe_diagnosis": ("Bakteriologis": 0, "Secara klinis": 1), # bakteriologis : tcm positif / bta positif
    "perubahan_konversi_sputum": ("Tidak": 0, "Ya": 1), # kalau pemeriksaan sputum bta dilakukan pada bulan ke2 : belum ada data,
    "jenis_fasanyas": ("Layanan Primer": 0, "Layanan Sekunder": 1), # tempat berobat : klinik, poskesmas, praktek mandiri, balai pengobatan; sekunder rs
    "status_kepemilikan_fasilitas_kesehatan": ("Pemerintah": 0, "Swasta": 1),
    "riwayat_pengobatan_sebelumnya": ("Bukan kasus baru": 0, "Kasus baru": 1),
    "jenis_tuberkulosis": ("TBC Ekstraparu": 0, "TBC Paru": 1),
    "penyakit_komorbid": ("Ada": 0, "Tidak Ada": 1, "Tidak Diketahui": 2), # dm, hiv
    "bentuk_dati": ("KDT": 0, "Obat Lepas": 1), # kombinasi dosis tetap
    "PMO": ("Ada": 0, "Tidak Diketahui": 1), # ada: tenaga kesehatan, anggota keluarga, kader, komunitas tb, lainnya,
    "keberhasilan_pengobatan": ("Berhasil": 1, "Gagal": 0), # ditambah probabilitas

```

Import Library

usia	jenis_kelamin	berat_badan	index_massa_tubuh	mpat_tinqqal_parien	pemeriksaan_TCM	pemeriksaan_klinis	tipe_diagnosis	n_konversi_rputu	jenis_farkor	_farilitar_korohatan	penyakit_kamarbid	PMO	keberhasilan_pengobatan	hasil_prediksi	kolar0 (Tidak berharil)	kolar1 (Berharil)	Crazz check
1	1	1	3	1	2	2	0	1	0	0	0	1	0	1	0.305437	0.694562	V
1	1	1	0	1	2	2	0	1	0	1	0	2	1	1	0.072984	0.927015	V
4	0	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.766459	0.233540	X
2	0	1	0	1	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0.870658	0.129341	V
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.732176	0.267823	X
0	0	1	2	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0.766459	0.233540	V
4	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0.249694	0.750305	V
0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0.705252	0.294747	V
4	0	1	2	2	2	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0.296256	0.703743	V
1	1	1	2	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0.483576	0.516423	V
3	0	1	1	2	2	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0.823302	0.176697	V
3	0	1	0	1	1	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0.6174167	0.382583	V
1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.012289	0.987710	V
2	1	1	2	1	3	2	0	1	0	1	0	1	1	0	0.803753	0.196246	V
1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0.902797	0.097202	X
2	0	1	0	1	2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0.748019	0.251980	V
2	0	1	2	1	2	2	0	0	0	1	1	1	1	0	0.638187	0.3618123	V
0	0	1	2	0	2	2	0	1	0	1	0	1	1	0	0.7181830	0.2818169	V

Keterangan : V prediksi benar X: prediksi salah

Lampiran 11 Turnitin

Prediksi ML Keberhasilan
Pengobatan TB
by Pusinfokesmas FKM UI

Submission date: 16-May-2025 08:10AM (UTC+0700)
Submission ID: 2077063589
File name: on_Pengobatan_TB_-_Melyanti_-_2300197971_-_Melyanti,Melyanti.pdf (3.05M)
Word count: 40293
Character count: 293320

Prediksi ML Keberhasilan Pengobatan TB

ORIGINALITY REPORT

19%	16%	9%	11%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	123dok.com Internet Source	2%
2	www.scribd.com Internet Source	1%
3	Fuzhen Zhang, Fan Zhang, Liang Li, Yu Pang. "Clinical Utilization of Artificial Intelligence in Predicting Therapeutic Efficacy in Pulmonary Tuberculosis", Journal of Infection and Public Health, 2024 Publication	1%
4	kemkes.go.id Internet Source	1%
5	rsparudungus.jatimprov.go.id Internet Source	1%
6	tbindonesia.or.id Internet Source	1%
7	doku.pub Internet Source	1%