

No: 1361/TA-TL/VII/2024-2025

LAPORAN SKRIPSI

**PENYISIHAN LOGAM BERAT MANGAN (Mn) DAN TEMBAGA (Cu)
OLEH KULTUR MIKROALGA *Chlorella vulgaris* DAN *Monoraphidium sp.***

SKRIPSI

Disusun Oleh:

ANAK AGUNG ISTRI ANINDYA NANDA YANA

082002100004



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS ARSITEKTUR LANSKAP DAN TEKNOLOGI LINGKUNGAN
UNIVERSITAS TRISAKTI
JAKARTA
2025**

**PENYISIHAN LOGAM BERAT MANGAN (Mn) DAN
TEMBAGA (Cu) OLEH KULTUR MIKROALGA
Chlorella vulgaris DAN *Monoraphidium sp.***

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata
Satu Teknik Lingkungan*

Disusun Oleh:

ANAK AGUNG ISTRI ANINDYA NANDA YANA

082002100004



UNIVERSITAS TRISAKTI

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS ARSITEKTUR LANSKAP DAN TEKNOLOGI LINGKUNGAN
UNIVERSITAS TRISAKTI**

JAKARTA

2025

ABSTRAK

Nama : Anak Agung Istri Anindya Nanda Yana
NIM : 082002100004
Judul : Penyisihan Logam Berat Mangan (Mn) dan Tembaga (Cu)
oleh Kultur Mikroalga *Chlorella vulgaris* dan
Monoraphidium sp.
Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Astri Rinanti, S.Si., M.T., IPM., ASEAN Eng
Pembimbing II : Dr. Tazkiaturrizki, S.T., M.T.

x + 66 halaman, 30 gambar, 16 tabel, 6 lampiran

Kegiatan industri menghasilkan limbah cair yang mengandung berbagai zat berbahaya salah satunya logam berat yang memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Pemanfaatan bioteknologi menggunakan mikroalga sebagai biosorben menjadi salah satu cara dalam mengendalikan pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan 1) menganalisis respon pertumbuhan kultur tunggal dan campuran mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Monoraphidium sp.* dalam media terkontaminasi logam berat; 2) menganalisis pengaruh waktu kontak dan konsentrasi biosorben yang optimum dalam menyisihkan logam berat; 3) menganalisis efisiensi penyisihan logam berat Mangan dan Tembaga menggunakan biosorben dengan kultur tunggal dan campuran mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Monoraphidium sp.* Kultivasi kultur tunggal dan campuran mikroalga dilakukan dengan sistem *batch* dalam media cair *Provasoli Haematococcus Medium* (PHM). Pada penelitian ini digunakan logam berat artifisial yang mengandung 5,27 mg/L logam Mangan dan 2,72 mg/L logam Tembaga. Erlenmeyer yang berisi biosorben mikroalga dan logam berat artifisial dimasukkan ke dalam *shaker incubator* pada kecepatan 150 rpm dan suhu 30°C dengan variasi waktu kontak (menit) 90, 105, 120, 135, dan 150 dan variasi konsentrasi biosorben (%) 10, 15, 20, dan 25. Pengukuran efektifitas biosorben menggunakan *Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry* (ICP – OES). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari penggunaan variasi kultur tunggal maupun campuran mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Monoraphidium sp* dengan konsentrasi biosorben 20% selama 120 menit memberikan efisiensi penyisihan paling tinggi untuk logam berat Mangan yang berkisar 95% dan Tembaga berkisar 87 - 88%. Selama proses biosorpsi logam berat Mangan dan Tembaga, terjadi kenaikan pH secara bertahap dari 4 menjadi berkisar 6. Penelitian ini menunjukkan bahwa logam berat Mangan dan Tembaga secara efektif dapat disisihkan menggunakan kultur mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Monoraphidium sp* sebagai biosorben.

*kata kunci: Logam Berat, Biosorpsi, Mikroalga, *Chlorella vulgaris*, *Monoraphidium sp.*

ABSTRACT

Name : Anak Agung Istri Anindya Nanda Yana
NIM : 082002100004
Title : Removal of Heavy Metals Manganese (Mn) and Copper (Cu)
by Microalgae Culture of *Chlorella vulgaris* and
Monoraphidium sp
Supervisor I : Prof. Dr. Ir. Astri Rinanti, S.Si., M.T., IPM., ASEAN Eng
Supervisor II : Dr. Tazkiaturrizki, S.T., M.T.

x + 66 pages, 30 figures, 16 tables, 6 appendices

Industrial activities produce liquid waste containing various hazardous substances, one of which is heavy metals that have a negative impact on the environment. The utilization of biotechnology using microalgae as a biosorbent is one way to control environmental pollution. This study aims to 1) analyze the growth response of single and mixed cultures of the microalgae *Chlorella vulgaris* and *Monoraphidium sp.* in media contaminated with heavy metals; 2) analyze the effect of optimum contact time and biosorbent concentration in removing heavy metals; and 3) analyze the removal efficiency of Manganese and Copper using biosorbents with single and mixed cultures of the microalgae *Chlorella vulgaris* and *Monoraphidium sp.* The cultivation of single and mixed microalgae cultures was carried out using a batch system in Provasoli Haematococcus Medium (PHM). In this study, artificial heavy metals containing 5.27 mg/L of Manganese and 2.72 mg/L of Copper were used. Erlenmeyer containing the microalgae biosorbent and artificial heavy metals were placed in a shaker incubator at a speed of 150 rpm and a temperature of 30°C with variations in contact time (90, 105, 120, 135, and 150 minutes) and biosorbent concentration (10, 15, 20, and 25%). The effectiveness of the biosorbent was measured using Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry (ICP–OES). The results showed that the use of both single and mixed cultures of *Chlorella vulgaris* and *Monoraphidium sp.* with a biosorbent concentration of 20% for 120 minutes provided the highest removal efficiency for Manganese, around 95%, and for Copper around 87-88%. During the biosorption process of Manganese and Copper, there was a gradual increase in pH from 4 to approximately 6. This study demonstrates that Manganese and Copper can be effectively removed using microalgae cultures of *Chlorella vulgaris* and *Monoraphidium sp.* as biosorbents.

keyword: Heavy Metal, Biosorption, Microalgae, *Chlorella vulgaris*, *Monoraphidium sp.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Penyisihan Logam Berat Mangan (Mn) dan Tembaga (Cu) oleh Kultur Mikroalga *Chlorella vulgaris* & *Monoraphidium sp*". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dari mata kuliah Skripsi di semester VIII Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ajung, Ibu, Mbok Gung Gek, dan Gonin atas doa, dukungan moral dan materi yang diberikan selama penulis mengerjakan Skripsi.
2. Prof. Dr. Ir. Astri Rinanti, S.Si., M.T., IPM., ASEAN Eng selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, arahan, waktu, serta motivasi yang sangat berarti selama penelitian dan penyusunan Skripsi ini.
3. Dr. Tazkiaturrizki, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan masukan yang bermanfaat dalam penyusunan Skripsi ini.
4. Dr. Ir. Ramadhani Yanidar, M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan selama penulis ini melakukan masa studi.
5. Ibu Dr. Ir. Rositayanti Hadisoebroto, S.T., M.T. dan Ibu Sheilla Megagupita Putri Marendra, S.T., M.T. selaku Koordinator Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti yang telah memberikan informasi mengenai pelaksanaan Skripsi.
6. Ibu Astari Minarti, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti yang telah memberikan perhatian dan semangat dalam penyusunan Skripsi ini.
7. Mas Dani selaku laboran di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan yang telah membantu penulis selama melakukan penelitian.

8. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti yang telah membantu penulis selama masa studi.
9. Deslita Safitri dan Wianda Tambora sebagai teman diskusi, laboratorium, dan teman seperjuangan selama pelaksanaan penelitian dan penulisan Skripsi.
10. *Strong Women 21* selaku teman-teman yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan Skripsi.
11. Nadia Savira dan Tommy Purnomo selaku kakak tingkat yang sudah membantu berdiskusi dengan penulis dalam menyelesaikan Skripsi
12. Seluruh teman teman Teknik Lingkungan Angkatan 2021 yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
13. Seluruh teman-teman seperjuangan ORMAWA Jurusan dan Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan penelitian lebih lanjut. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis sendiri maupun bagi semua pihak yang membaca dan terlibat dalam penelitian ini.

Jakarta, 7 Juli 2025

UNIVERSITAS TRISAKTI Anak Agung Istri Anindya Nanda Yana
(082002100004)

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	3
1.3 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengelolaan Pencemaran Logam Berat.....	4
2.2 Biosorpsi Logam Berat	5
2.3 <i>Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry (ICP – OES)</i>	10
2.4 Permodelan Biosorpsi	11
2.4.1 Isoterm Langmuir	12
2.4.2 Isoterm Freundlich.....	12
2.5 Kinetika Biosorpsi	13
2.5.1 Kinetika Orde Satu.....	13
2.5.2 Kinetika Orde Dua	14
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.2.1 Alat.....	15
3.2.2 Bahan	15
3.3 Desain Penelitian	16
3.3.1 Tahap Persiapan	18
3.3.2 Tahap Penelitian Biosorpsi.....	20

3.3.3 Metode Analisis Sampel.....	21
3.4 Metode Analisis Data	22
3.5 Perancangan Implementasi Skala Pilot	23
3.5.1 Perhitungan Biosorben.....	23
3.5.2 Perhitungan Desain Reaktor Skala Pilot	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Pola Pertumbuhan Mikroalga	25
4.2 Biosorpsi Logam Berat oleh Mikroalga	28
4.3 Perubahan Nilai pH.....	37
4.4 Perhitungan Isoterm Adsorpsi	38
4.4.1 Isoterm Adsorpsi Logam Berat Mangan	38
4.4.2 Isoterm Adsorpsi Logam Berat Tembaga	41
4.5 Perhitungan Kinetika Biosorpsi	44
4.5.1 Kinetika Biosorpsi Logam Berat Mangan.....	44
4.5.2 Kinetika Biosorpsi Logam Berat Tembaga	47
4.6 Perancangan Implementasi Skala Pilot	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	58

UNIVERSITAS TRISAKTI

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa Mikroalga yang digunakan Sebagai Biosorben di Penelitian Terdahulu.....	9
Tabel 3.1	Alat Penelitian.....	15
Tabel 3.2	Bahan Penelitian	16
Tabel 4.1	Biosorpsi Logam Berat Mangan oleh Kultur Mikroalga dengan Variasi Waktu Kontak pada Konsentrasi Awal (Co) 5,27 mg/L	29
Tabel 4.2	Biosorpsi Logam Berat Tembaga oleh Kultur Mikroalga dengan Variasi Waktu Kontak pada Konsentrasi Awal (Co) 2,72 mg/L	31
Tabel 4.3	Biosorpsi Logam Berat Mangan oleh Kultur Mikroalga dengan Variasi Konsentrasi Biosorben pada Konsentrasi Awal (Co) 5,27 mg/L	33
Tabel 4.4	Biosorpsi Logam Berat Tembaga oleh Kultur Mikroalga dengan Variasi Konsentrasi Biosorben pada Konsentrasi Awal (Co) 2,72 mg/L	34
Tabel 4.5	Perhitungan Adsorpsi Logam Berat Mangan pada Konsentrasi Biosorben 20% pada Konsentrasi Awal (Co) 5,27 mg/L	39
Tabel 4.6	Isoterm Langmuir dan Freundlich Logam Berat Mangan	40
Tabel 4.7	Perhitungan Adsorpsi Logam Berat Tembaga pada Konsentrasi Biosorben 20% pada Konsentrasi Awal (Co) 2,72 mg/L	42
Tabel 4.8	Isoterm Langmuir dan Freundlich Logam Berat Tembaga	43
Tabel 4.9	Kinetika Biosorpsi Logam Berat Mangan pada Konsentrasi awal (Co) 5,27 mg/L dan Konsentrasi Biosorben 20%	45
Tabel 4.10	Koefisien Korelasi dan Konstanta Laju Reaksi Adsorpsi Logam Berat Mangan.....	47
Tabel 4.11	Kinetika Biosorpsi Logam Berat Mangan Konsentrasi awal (Co) 2,72 mg/L dan Konsentrasi Biosorben 20%	48
Tabel 4.12	Koefisien Korelasi dan Konstanta Laju Reaksi Adsorpsi Logam Berat Tembaga	50
Tabel 4.13	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Implementasi Skala Pilot	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Teknik Bioremediasi	6
Gambar 2.2	Mekanisme Biosorpsi Logam Berat oleh Mikroalga	7
Gambar 2.3	Skema <i>Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry</i> (ICP – OES).....	11
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	17
Gambar 3.2	Preparasi Media PHM	18
Gambar 3.3	Kultivasi Mikroalga	19
Gambar 3.4	Penelitian Biosorpsi	20
Gambar 3.5	Rancangan Desain Reaktor Skala Pilot	24
Gambar 4.1	Kurva Pertumbuhan Kultur Mikroalga dalam Media PHM	26
Gambar 4.2	Kurva Pertumbuhan Kultur Mikroalga dalam Media PHM yang Terkontaminasi Logam Berat Mangan (Mn) dan Tembaga (Cu)...	26
Gambar 4.3	Kultivasi Kultur Tunggal Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	27
Gambar 4.4	Kultivasi Kultur Tunggal Mikroalga <i>Monoraphidium sp.</i>	27
Gambar 4.5	Kultivasi Kultur Campuran Mikroalga	27
Gambar 4.6	Efisiensi Penyisihan Logam Berat Mangan pada Variasi Waktu Kontak	29
Gambar 4.7	Penurunan Konsentrasi Logam Berat Mangan pada Variasi Waktu Kontak	30
Gambar 4.8	Efisiensi Penyisihan Logam Berat Tembaga pada Variasi Waktu Kontak	32
Gambar 4.9	Penurunan Konsentrasi Logam Berat Tembaga pada Variasi Waktu Kontak	32
Gambar 4.10	Efisiensi Penyisihan Logam Berat Mangan dan Tembaga pada Variasi Konsentrasi Biosorben.....	33
Gambar 4.11	Penurunan Konsentrasi Logam Berat Mangan pada Variasi Konsentrasi Biosorben	35
Gambar 4.12	Penurunan Konsentrasi Logam Berat Tembaga pada Variasi Konsentrasi Biosorben	35
Gambar 4.13	Perubahan Nilai pH pada Variasi Waktu Kontak	37

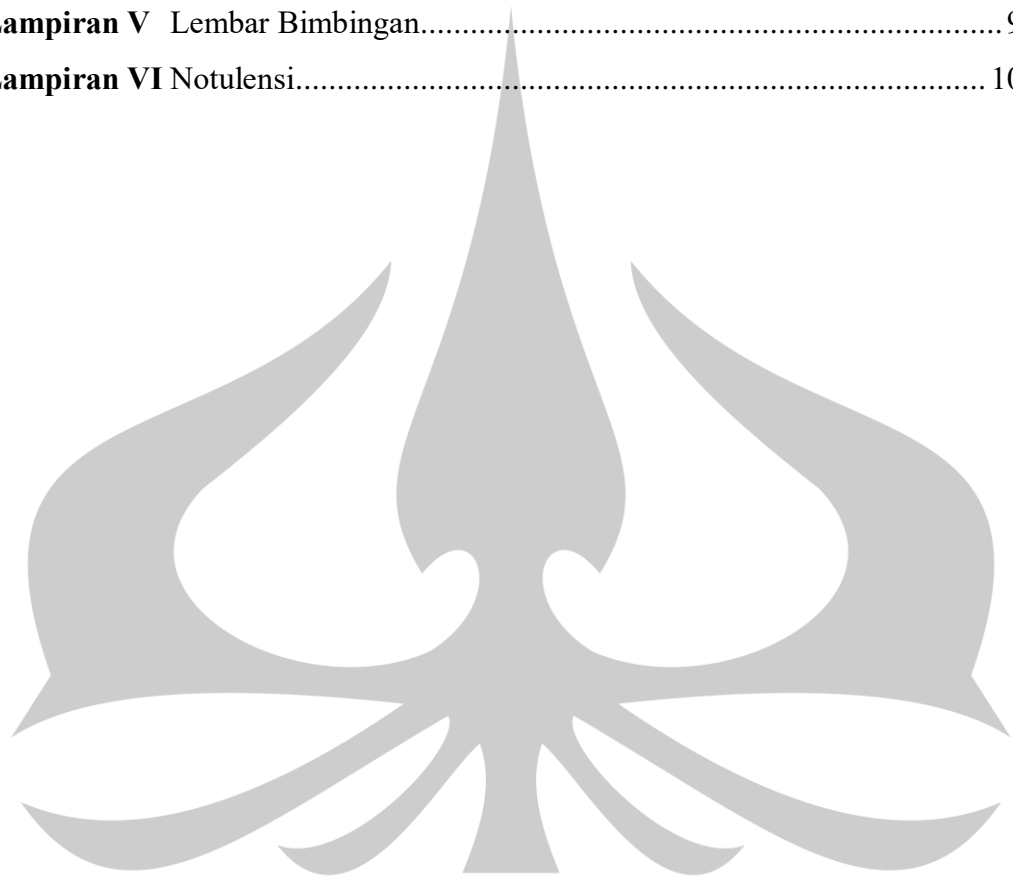
Gambar 4.14 Kurva Isoterm Langmuir Logam Berat Mangan	39
Gambar 4.15 Kurva Isoterm Freundlich Logam Berat Mangan	40
Gambar 4.16 Kurva Isoterm Langmuir Logam Berat Tembaga	42
Gambar 4.17 Kurva Isoterm Freundlich Logam Berat Tembaga.....	43
Gambar 4.18 Kinetika Biosorpsi Logam Berat Mangan Orde Satu	46
Gambar 4.19 Kinetika Biosorpsi Logam Berat Mangan Orde Dua	46
Gambar 4.20 Kinetika Biosorpsi Logam Berat Tembaga Orde Satu	49
Gambar 4.21 Kinetika Biosorpsi Logam Berat Tembaga Orde Dua.....	49
Gambar 4.22 Ilustrasi Desain Reaktor Skala Pilot.....	56



UNIVERSITAS TRISAKTI

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Data Pertumbuhan Kultur Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Monoraphidium sp.</i>	67
Lampiran II	Hasil Analisis Penelitian Biosorpsi	69
Lampiran III	Perhitungan Isoterm Adsorpsi.....	78
Lampiran IV	Perhitungan Kinetika Biosorpsi	88
Lampiran V	Lembar Bimbingan.....	97
Lampiran VI	Notulensi.....	102



UNIVERSITAS TRISAKTI

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN SKRIPSI

Judul : Penyisihan Logam Berat Mangan (Mn) dan Tembaga (Cu) oleh
Kultur Mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Monoraphidium sp.*
Nama : Anak Agung Istri Anindya Nanda Yana
NIM : 082002100004

Laporan Skripsi ini telah diperiksa dan diuji oleh Tim Penguji pada Ujian Skripsi
di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi
Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta

Jakarta, 28 Juli 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Astri Rinanti, M.T., IPM., ASEAN Eng.

NIK: 2234/USAKTI

Dosen Pembimbing II



Dr. Tazkiaturrizki, S.T., M.T.

NIK: 3279/USAKTI

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Astari Minarti, S.T., M.Sc

NIK: 3848/USAKTI

Tanggal Ujian; 17 Juli 2025



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS ARSITEKTUR LANSKAP DAN TEKNOLOGI LINGKUNGAN
UNIVERSITAS TRISAKTI, JAKARTA

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR 2
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2024/2025

Nama : Anak Agung Istri Anindya Nanda Yana
Judul TA : Penyisihan Logam Berat Mangan (Mn) dan Tembaga (Cu) oleh Kultur Mikroalga *Chlorella vulgaris* & *Monoraphidium sp.*
Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Astri Rinanti, S.Si., M.T., IPM., ASEAN Eng
2. Dr. Tazkiaturrizki, ST., MT

No	Hari/Tanggal	Pembahasan	Paraf Pembimbing 1
1.	11 / 3 2025	Diskusi mengenai kultivasi Mikroalga	ST
2.	9 / 4 2025	Revisi Tinjauan pustaka dan Metode Penelitian	ST
3.	24 / 4 2025	Diskusi hasil penyisihan logam berat oleh biosorpsi	ST



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS ARSITEKTUR LANSKAP DAN TEKNOLOGI LINGKUNGAN
UNIVERSITAS TRISAKTI, JAKARTA

No	Hari/Tanggal	Pembahasan	Paraf Pembimbing 1
4	8/5 2025	Diskusi hasil peningkatan nilai pH	St
5	22/5 2025	Diskusi pengolahan Data Isoterm	St
6	12/6 2025	Diskusi pengolahan Data Kinetika Bioreaktor	St
7	25/6 2025	Revisi Abstract & Perbaikan BAB V	St
8	5/7 2025	Revisi draft secara keseluruhan	St



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS ARSITEKTUR LANSKAP DAN TEKNOLOGI LINGKUNGAN
UNIVERSITAS TRISAKTI, JAKARTA

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR 2
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2024/2025

Nama : Anak Agung Istri Anindya Nanda Yana

Judul TA : Penyisihan Logam Berat Mangan (Mn) dan Tembaga (Cu) oleh Kultur Mikroalga *Chlorella vulgaris* & *Monoraphidium* sp.

Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Astri Rianti, S.Si., M.T., IPM., ASEAN Eng
2. Dr. Tazkiaturrizki, ST., MT

No	Hari/Tanggal	Pembahasan	Paraf Pembimbing 2
1.	Selasa, 18 Februari 2025	Membedakan mengenai proposal secara keseluruhan serta revisi pada latar belakang dan tinjauan pustaka	
2.	Kamis, 20 Februari 2025	Membedakan mengenai hasil revisi dan penambahan metode analisis pada metode penelitian	
3.	Jumat, 2 Mei 2025	Bab 1-3 → Draft perbaikan Bab 4 → pengolahan data	



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS ARSITEKTUR LANSKAP DAN TEKNOLOGI LINGKUNGAN
UNIVERSITAS TRISAKTI, JAKARTA

No	Hari/Tanggal	Pembahasan	Paraf Pembimbing 2
4	Jumat, 23 Mei 2025	Diskusi mengenai draft Perambuan Mitrabaga & Perambuan Mitrabaga dalam media yang bertanggung jawab	
5	Senin, 26 Mei 2025	Revisi PPT Seminar ICFE	
6	Selasa, 24 Juni 2025	Diskusi mengenai Pengolahan Data	
7	Jumat, 4 Juli 2025	Revisi mengenai Pengolahan Data & Diskusi Penulisan BAB 1 - V	
8	Selasa, 8 Juli 2025	Pemeriksaan draft laporan secara keseluruhan	