

LAPORAN
PENELITIAN UNGGULAN FAKULTAS (PUF)

**Prediksi Permeabilitas Menggunakan Hubungan Porositas Kritis Pada Batuan
Reservoir Miocen Karbonat, Banggai Basin**

TIM PENELITIAN

Sigit Rahmawan, ST., M.T.	(0322119103)	Ketua
Firman Herdiansyah, S.T., M.T.	(0310068805)	Anggota
Samsol, S.T., M.T.	(0303118603)	Anggota
Dr. Ir. Syamsul Irham, M.T.	(0307125901)	Anggota
Prof. Ir. Asri Nugrahanti, M.S., Ph.D.	(0321045402)	Anggota
Thalia Ribka Marinada	071002000042	Anggota



TEKNIK PERMINYAKAN
Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi
UNIVERSITAS TRISAKTI
2023/2024



UNIVERSITAS TRISAKTI

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Jl. Kyai Tapa No. 1 Grogol, Jakarta Barat 11440, Indonesia

Telp. 021-5663232 (hunting), ext. 8141, 8161, Fax. 021-5684021

<http://lppm.trisakti.ac.id/>

lppm@trisakti.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN TAHUN AKADEMIK 2023/2024 0773/PUF/FTKE/2023-2024

1. **Judul Penelitian** : Prediksi Permeabilitas Menggunakan Hubungan Porositas Kritis Pada Batuan Reservoir Miocen Karbonat, Banggai Basin
2. **Skema Penelitian** : Penelitian Unggulan Fakultas (PUF)
3. **Ketua Tim Pengusul**
 - a. Nama : Sigit Rahmawan, ST., M.T.
 - b. NIDN : 0322119103
 - c. Jabatan/Golongan : Asisten Ahli/III-B
 - d. Program Studi : TEKNIK PERMINYAKAN
 - e. Perguruan Tinggi : Universitas Trisakti
 - f. Bidang Keahlian : Teknik Produksi
Taman Wisma Asri Blok AA 8 no 5 Rt 001 Rw 023, Kelurahan Teluk Pucung, Kecamatan Bekasi Utara, Kota Bekasi
 - g. Alamat Kantor/Telp/Fak/surel :
sigit_rachmawan@trisakti.ac.id
4. **Anggota Tim Pengusul**
 - a. Jumlah anggota : Dosen 4 orang
 - b. Nama Anggota 1/bidang keahlian : Firman Herdiansyah, S.T., M.T./Sedimentologi & Stratigrafi, Geologi Migas
 - c. Nama Anggota 2/bidang keahlian : Samsol, S.T., M.T./Teknik Reservoir
 - d. Nama Anggota 3/bidang keahlian : Dr. Ir. Syamsul Irham, M.T./Teknik Perminyakan
 - e. Nama Anggota 4/bidang keahlian : Prof. Ir. Asri Nugrahanti, M.S., Ph.D./Teknik Perminyakan
 - f. Jumlah mahasiswa yang terlibat : 1 orang
 - g. Jumlah alumni yang terlibat : 0 orang
 - h. Jumlah laboran/admin : 0 orang
5. **Waktu Penelitian**
 - Bulan/Tahun Mulai : September 2023
 - Bulan/Tahun Selesai : Mei 2024
6. **Luaran yang dihasilkan**
 - Hak Kekayaan Intelektual
 - Publikasi di Conference Series Bereputasi
7. **Biaya Total** : Rp30.000.000,-
(Tiga Puluh Juta)

Dekan



Dr. Suryo Prakoso, S.T., M.T.
NIDN: 0324017002

Jakarta, 09 Oktober 2024

Ketua Tim Pengusul



Sigit Rahmawan, ST., M.T.
NIDN: 0322119103

Direktur



Prof. Dr. Ir. Astri Rinanti, M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIDN: 0308097001

IDENTITAS PENELITIAN

Skema Penelitian	: Penelitian Unggulan Fakultas (PUF)
Judul Penelitian	: Prediksi Permeabilitas Menggunakan Hubungan Porositas Kritis Pada Batuan Reservoir Miocen Karbonat, Banggai Basin
Fokus Penelitian	: Green Urban Environment
Rumpun Penelitian	: Green design & Livable Space
Mata Kuliah yang terkait	: Penilaian Formasi
Topik Pengabdian kepada Masyarakat yang terkait	:

Tim Peneliti

Peneliti	NIK/ NIM	Posisi	Status	Program Studi	Fakultas
Sigit Rahmawan, ST., M.T.	3611	Ketua	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Firman Herdiansyah, S.T., M.T.	3202	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK GEOLOGI	FTKE
Samsol, S.T., M.T.	3042	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Dr. Ir. Syamsul Irham, M.T.	1550	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Prof. Ir. Asri Nugrahanti, M.S., Ph.D.	31740561 04540003	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Thalia Ribka Marinada	07100200 0042	Anggota	Mahasiswa Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE

Lokasi dan atau Tempat Penelitian	:
Masa Penelitian	
Mulai	: September 2023
Berakhir	: Mei 2024
Dana diusulkan	: Rp30.000.000,-
Sumber Pendanaan	: 5.2.03.08.01
Target Kesiapterapan Teknologi	: TKT 4
Produk Inovasi	:
Luaran	: Hak Kekayaan Intelektual Publikasi di Conference Series Bereputasi

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Identitas Penelitian	iii
DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR TABEL.....	2
DAFTAR GAMBAR	3
RINGKASAN PENELITIAN	4
BAB 1. PENDAHULUAN	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	9
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	11
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	15
DAFTAR PUSTAKA	16
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN	18
LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN.....	21

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Batas Nilai Porositas Kritis Pada Tiap Kelompok Batuan	13
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir	9
Gambar 4.1 Hubungan Geometrik Pori dan Struktur Pori Menggunakan Metode Wibowo dan Permadi.....	11
Gambar 4.2 Hubungan Porositas vs V_{cl}	12
Gambar 4.3 Hubungan Struktur Pori dan Geometri Pori Terhadap Porositas Kritis Batuan	13
Gambar 4.4 Validasi Pengelompokan dan Permeabilitas Batuan.....	14

RINGKASAN PENELITIAN

Beberapa peneliti menunjukkan bahwa rock type dan prediksi permeabilitas sangat dipengaruhi oleh detail geometri pori batuan. Detail geometri pori tersebut dipengaruhi oleh tekstur batuan seperti ukuran butiran, pemilahan butiran, dan derajat angularity. Faktor-faktor tersebut menyebabkan terbentuknya kelompok batuan dengan kualitas tertentu. Setiap kelompok batuan tersebut memiliki kemiripan struktur pori dan geometri pori. Pada batuan karbonat, setiap kelompok tersebut dipengaruhi oleh pori dan microporositas batuan. Dengan demikian setiap kelompok batuan dapat diasumsikan memiliki kemiripan packing. Sifat petrofisika batuan yaitu porositas terutama sangat dipengaruhi oleh packing butiran. Dengan demikian setiap sampel batuan yang memiliki kemiripan geometri dan struktur pori tentunya memiliki kemiripan packing sehingga akan memiliki nilai porositas maksimum atau disebut porositas kritis tertentu. Porositas kritis merupakan batas antara batuan yang terkonsolidasi dengan baik dengan suspensi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari hubungan antara geometri pori dan struktur pori dengan porositas kritis sehingga identifikasi rock type dapat dilakukan secara sederhana yang berbasis porositas kritis. Geometri dan struktur pori didekati dengan menggunakan konsep power law Wibowo dan Permadi sedangkan porositas kritis mengikuti konsep Nur dkk. Nur dkk., menyatakan bahwa porositas kritis dipengaruhi oleh litologi dan karakteristik internal pori batuan sehingga porositas kritis juga dipengaruhi oleh geometri dan struktur pori. Setiap rock type memiliki kemiripan geometri dan struktur pori sehingga tentunya setiap rock type juga akan memiliki kemiripan nilai porositas kritis. Dengan demikian setiap rock type yang kualitasnya bagus akan cenderung memiliki nilai porositas yang lebih besar dibandingkan dengan rock type yang kualitasnya rendah. Penelitian ini menggunakan sampel batuan karbonat dari cekungan Banggai miocene. Data-data sifat fisik batuan yang diperlukan diukur di laboratorium meliputi porositas, permeabilitas dan tekanan kapiler, kecepatan gelombang P dan S. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah melakukan analisis hasil eksperimental dengan menggunakan pendekatan porositas kritis dalam Pembangunan pengelompokan batuan yang dapat digunakan dalam memprediksikan permeabilitas batuan nantinya. Pada hasil penelitian dilakukan pengelompokan menggunakan metode Wibowo permadi yang memunculkan pengelompokan batuan sebanyak 10 kelompok dan dalam menggunakan pendekatan porositas diperoleh kelompok batuan sebanyak 6 kelompok, pengelompokan tersebut akan dilakukan analisis terhadap gambaran petrography apakah berdasarkan pengelompokan tersebut sesuai dengan tipe batuan yang di analisis.

Kata Kunci :

Rock type, prediksi permeabilitas, geometri pori, struktur pori, porositas kritis

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Estimasi rock type dan prediksi permeabilitas merupakan bagian yang penting didalam pemodelan reservoir. Akurasi hasil estimasi rock type akan sangat berpengaruh terhadap hasil pemodelan reservoir secara keseluruhan. Rock type disini akan digunakan untuk mendapatkan hubungan porositas dengan permeabilitas, mendefinisikan relatif permeabilitas dan tekanan kapiler yang tentu saja akan mempengaruhi distribusi saturasi air dan aliran fluida didalam pori batuan. Hubungan porositas dan permeabilitas akan bermanfaat didalam melakukan estimasi permeabilitas, dimana permeabilitas merupakan sifat fisik batuan yang sangat penting pada pemodelan reservoir, akan tetapi merupakan variabel yang memiliki ketidakpastian yang tinggi dan paling sulit diprediksi pada media berpori. Kesulitan dan ketidak pastina dalam memprediksikan parameter permeabilitas akan semakin tinggi pada batuan karbonat, dikarenakan banyaknya microporositas ataupun porositas sekunder yang mempengaruhi kondisi sebenarnya nilai permeabilitas pada batuan karbonat.

Banyak penelitian yang sudah dilakukan untuk mendefinisikan rock type dan memprediksikan permeabilitas. Beberapa diantaranya adalah yang dilaukan oleh Guo (2005). Guo, G. dkk.,(2005) menyatakan bahwa Rock typing merupakan proses untuk mengklasifikasikan batuan ke dalam unit tersendiri, dimana masing-masing batuan diendapkan dalam kondisi geologi yang sama dan mengalami proses diagenesa yang sama. Rock typing membutuhkan identifikasi kesamaan atribut pori yang meliputi geometri dan struktur pori. Hal ini dapat dilakukan dengan mengaplikasikan model pipa kapiler kepada sistem media berpori (Permadi, P. dkk., 2009).

Pendekatan yang digunakan dalam melakukan estimasi rock type dan estimasi permeabilitas pada batuan karbonat merupakan permasalahan tersendiri didalam pemodelan reservoir. Pada beberapa dekade belakangan ini banyak penelitian yang digunakan dalam mengidentifikasi rock type dan estimasi permeabilitas. Yang selanjutnya rock type tersebut digunakan dalam mengklasifikasikan kualitas batuan dan kemampuan mengalirkan fluida. Beberapa diantaranya antara lain adalah Windland (1970) mengidentifikasikan rock type berdasarkan data mercury injection capillary pressure (MICP) dan analisis multiple regression. Berdasarkan data MICP dan metode regresi tersebut dikembangkan suatu persamaan empirik permeabilitas yang merupakan fungsi porositas dan ukuran pori batuan. Amaefule (1993) menyusun pendekatan untuk identifikasi rock type dengan metode hydraulic Unit (HU) dimana satu HU akan memiliki kemiripan FZI. Guo, G. dkk. (2005) menunjukkan bahwa rock typing dapat memberikan perkiraan akurat dari permeabilitas formasi pada uncored intervals dan uncored wells, penentuan profil saturasi air inisial yang reliable, serta simulasi reservoir dynamic behavior dan performa produksi yang konsisten dan realistis. Wibowo dan Permadi, (2013) menyusun pendekatan power law model untuk mendefinisikan rock type berdasarkan kemiripan geometri dan struktur pori. Batuan yang secara mikroskopik memiliki kemiripan geometri dan struktur pori akan berada pada satu garis lurus yang berbeda dengan kelompok lainnya. Suryo Prakoso dkk (2023) melakukan pengelompokan tipe batuan menggunakan pendekatan sonic velocity pada batuan reservoir karbonat.

Dari keseluruhan pendekatan penggolongan karakteristik batuan yang sudah ditemukan dari penelitian terdahulu, memerlukan data core untuk dapat menentukan penggolongan rock type batuan dan melakukan estimasi permeabilitas batuan, sehingga menimbulkan ketidak pastian yang cukup besar pada sumur – sumur yang tidak dilakukan pengambilan sample data core. Sehingga dibutuhkan data pendukung pada sumur yang tidak memiliki data core sebagai pengganti data core tersebut. Data log dapat menjadi alternative untuk mendapatkan analisa pengelompokan rock type, salah satunya adalah data akustik log (DT). Prakoso dkk. (2017) telah melakukan penelitian ketergantungan porositas kritis di dalam geometri pori dan struktur pori untuk melihat hubungan porositas kritis batuan terhadap geometri batuan dan struktur batuan menggunakan cepat rambat gelombang P. Sehingga perlu

dibangun pendekatan lain yang sederhana dalam menentukan rock type. Estimasi rock type dilakukan berdasarkan pendekatan nilai porositas kritis, dimana setiap batuan memiliki batasan porositas maksimum, dimana porositas maksimum tersebut adalah batasan pengubahan batuan menjadi suspensi atau bisa juga disebut sebagai porositas kritis (Nur dkk., 1995). Nilai porositas kritis dihitung berdasarkan bulk modulus yang dapat diturunkan dari data kecepatan gelombang, sehingga pada akhirnya akan mendapatkan pendekatan yang dapat memperlihatkan hubungan dari porositas kritis batuan terhadap permeabilitas pada batuan sebagai fungsi aliran. Sehingga pada sumur – sumur yang tidak memiliki data core dapat menggunakan data akustik log untuk dapat digolongkan pada rock type batuan tertentu.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana estimasi porositas kritis dan geometri pori dengan menggunakan data core pada batuan karbonat?
2. Bagaimana pengaruh geometri pori dan porositas kritis batuan karbonat terhadap kualitas rock type?
3. Bagaimana menggunakan parameter analisis rock type dari data core untuk digunakan pada data log?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai yaitu :

1. Mendapatkan hasil estimasi porositas kritis dan geometri pori pada batuan karbonat.
2. Mendapatkan metode pendekatan untuk estimasi rock type dari hubungan porositas kritis dan geometri pori pada batuan karbonat.
3. Dapat melakukan estimasi rock type menggunakan data log akustik?

1.4. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi untuk litologi batuan yaitu hanya mencakup batu karbonat yang berasal dari Formasi Minahaki dan Tomori, Cekungan Banggai. Data yang digunakan dibatasi pada pengukuran sifat-sifat fisik batuan yang diperlukan untuk penelitian ini dilakukan pada sampel core berukuran baku untuk routine core analysis dan pengukuran kecepatan gelombang P dan S pada kondisi tekanan dan temperature ruang.

1.5. Kaitan Penelitian dengan Road Map Penelitian Pribadi dan Road Map Penelitian Fakultas

Kaitan penelitian ini terhadap road map penelitian pribadi dan road map penelitian fakultas adalah bahwa penelitian ini melakukan analisis untuk memperoleh pendekatan estimasi penentuan tipe batuan dan melakukan estimasi nilai permeabilitas pada batuan karbonat berdasarkan parameter porositas kritis.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Amaefule dan Mehmet (1993) telah menunjukkan bahwa adanya perbedaan hydraulic unit batuan pada pengelompokan sampel batuan yang berhubungan dengan nilai porositas dengan permeabilitas yang berbeda disetiap batuan. Perbedaan kualitas hydraulic tersebut ditentukan oleh geometri pori batuan. Geometri pori batuan dipengaruhi oleh keberagaman lingkungan pengendapan dan diagenetic yang informasinya didapatkan dari hasil analisa core.

Abbaszadeh dkk. (1996) berhasil mengembangkan konsep rock typing menggunakan hydraulic unit untuk memprediksikan korelasi pendistribusian permeabilitas pada sumur yang tidak memiliki data core dan interval yang tidak memiliki data core. Korelasi penggolongan hydraulic unit pada rock type didapatkan melalui pendekatan probabilistik berdasarkan data sumur yang memiliki data core, sehingga dapat digunakan pada sumur yang hanya memiliki data log. Sehingga didapatkan hubungan implisit antara hasil hydraulic unit dari data core dan data log. (Abbaszadeh, 1996)

Baechel dkk. (2006) mengungkapkan bahwa hubungan antara cepat rambat gelombang akustik pada batuan dengan permeabilitas bukan hanya sekedar fungsi porositas total, tetapi juga merupakan fungsi dari tipe pori. Pengaruh diagenetik batuan sangat berpengaruh pada perubahan struktur pori batuan yang membuat porositas efektif dan perambatan gelombang menjadi menurun. Korelasi antara cepat rambat gelombang akustik dengan permeabilitas dapat dikelompokkan didalam hydraulic unit yang dipengaruhi oleh pore space properties. Hubungan ini dapat digunakan dalam memprediksikan nilai volume pori reservoir dan estimasi permeabilitas berdasarkan pengetahuan mengenai struktur pori batuan. (Gregor T. Baechel dkk., 2006)

Prakoso dkk. (2016) mengungkapkan adanya pengaruh dari geometri pori batuan dan struktur pori batuan terhadap cepat rambat gelombang P pada kondisi kering. Dalam satu rock type yang memiliki kemiripan struktur pori, naiknya geometri pori $(k/\phi)^{0,5}$ akan cenderung menaikkan kecepatan gelombang P. Naikannya nilai geometri pori $(k/\phi)^{0,5}$ tersebut lebih disebabkan oleh naiknya permeabilitas dan turunnya porositas yang disebabkan struktur pori yang semakin sederhana. Hasil Prediksi kecepatan gelombang P akan lebih baik apabila data dikelompokkan berdasarkan kemiripan struktur pori.

Wibowo dan Permadi (2013) menyusun pendekatan power law model untuk mendefinisikan rock type berdasarkan kemiripan geometri dan struktur pori. Batuan yang secara mikroskopik memiliki kemiripan geometri dan struktur pori akan berada pada satu garis lurus yang berbeda dengan kelompok lainnya

Nur dkk. (1995) menunjukkan bahwa setiap litologi memiliki porositas kritis (ϕ_c) yang berbeda-beda. Nur dkk. (1995) melakukan modifikasi Voigt bound dengan menggunakan porositas kritis (ϕ_c). Porositas kritis merupakan batas domain dari consolidated sedimen dan material yang memiliki porositas diatas porositas kritis merupakan suspensi.

Weger dkk. (2009) mengembangkan metode analisa citra digital yang menghasilkan nilai kuantitatif dari ruang pori, yang berkaitan dengan sifat fisik batuan khususnya pada cepat rambat gelombang dan permeabilitas yang dihasilkan dari data sonic. Hasil dari perbandingan parameter analisa citra digital terhadap porositas, permeabilitas, dan cepat rambat gelombang P menunjukan adanya pengaruh efek gabungan dari microporositas, kompleksitas jaringan pori, dan ukuran pori dari micropori adalah pengaruh terbesar pada kelakuan gelombang akustik. Hubungan antara cepat rambat gelombang akustik dengan permeabilitas sangat dipengaruhi oleh kompleksitas pori batuan yang dinyatakan dengan atribut-atribut pori seperti ukuran pori yang dominan (DomSize), perimeter over area (PoA) dan aspect ratio (AR),

Fabircius dkk. (2007) Mengembangkan prediksi permeabilitas menggunakan data akustik dan densitas batuan dengan menyusun hubungan empiris antara specific surface area pada fasa padat dan ratio V_p/V_s . Specific surface area didapatkan melalui konsep kozeny yang dikembangkan menjadi effective

specific surface dikarenakan konsep kozeny hanya dapat digunakan pada batuan homogen dengan interconnected pore. Ditemukan keselarasan pada hasil prediksi permeabilitas dan permeabilitas hasil pengukuran.

Prasad (2002) menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kecepatan gelombang akustik dan permeabilitas. Data yang acak pada hubungan kecepatan gelombang akustik dengan porositas disebabkan terutama oleh distribusi ukuran butiran dan ruang pori. Dengan mengelompokkan data berdasarkan hydraulic unit diperoleh hubungan yang positif antara kecepatan gelombang akustik dan permeabilitas. Pada penelitian ini juga terlihat bahwa dalam satu hydraulic unit terdapat rentang harga permeabilitas yang cukup besar yang menunjukkan hal yang tidak konsisten dalam hydraulic unit tersebut.

Prakoso dkk. (2017) mengembangkan penentuan permeabilitas dengan menggunakan pendekatan pengkarakterisasian porositas kritis yang dihubungkan dengan geometri pori batuan. Dilakukan pengukuran nilai V_p , K , dan $\emptyset$ yang dihubungkan dengan sifat fisik batuan lain. Digunakan pendekatan menggunakan persamaan Kozeny untuk memperhitungkan parameter yang mempengaruhi nilai permeabilitas absolut pada media berpori. Hingga didapatkan hubungan yang baik antara porositas kritis, V_p , dan $\emptyset$. Selanjutnya diketahui bahwa porositas kritis adalah properti khusus dari sekelompok batuan yang memiliki kesamaan geometri pori.

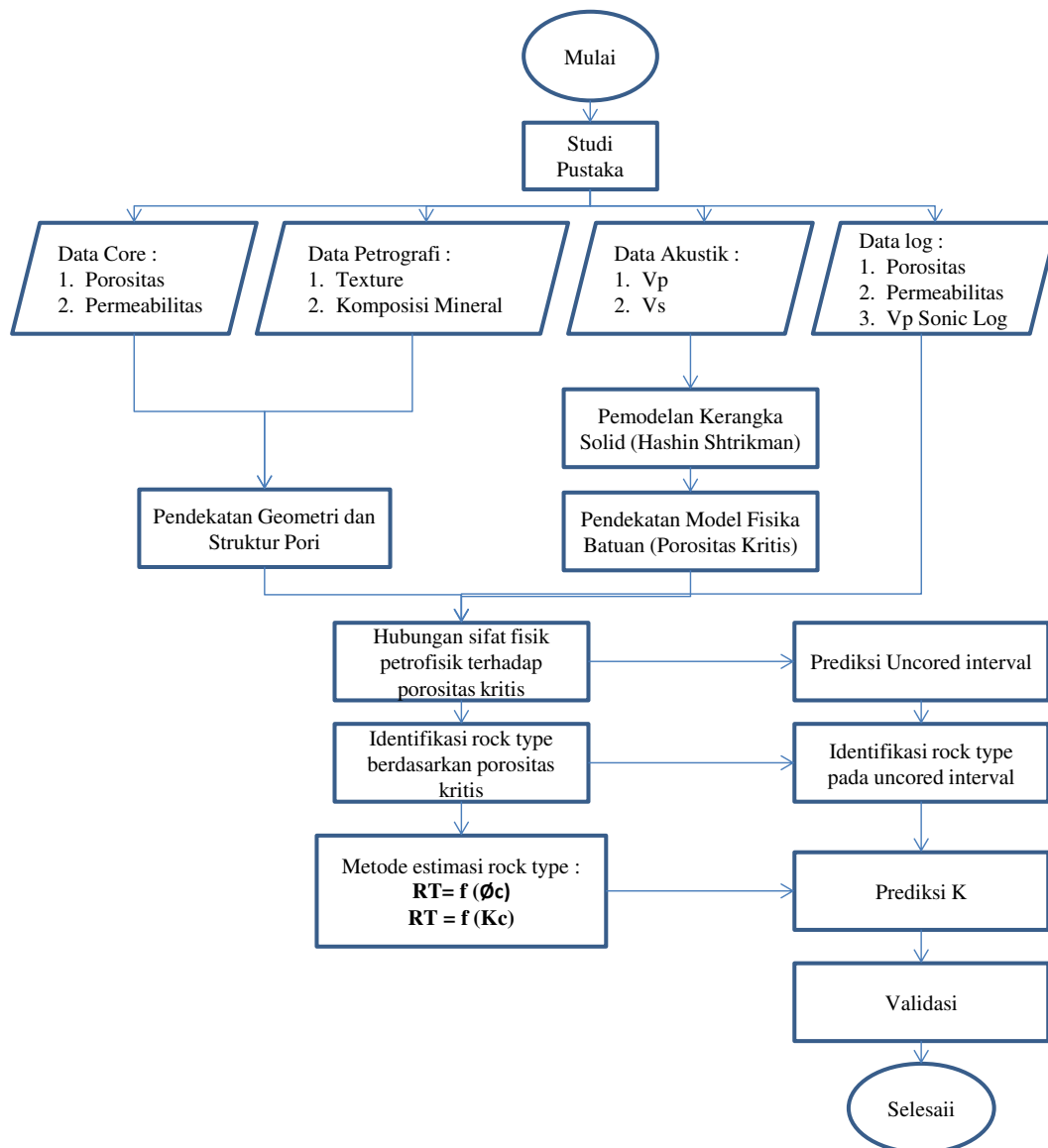
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan dalam periode satu tahun dengan dilakukan pengambilan data secara eksperimental dengan memanfaatkan fasilitas alat laboratorium geofisika.

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian experimental analitik. Data yang digunakan meliputi data core, data log, dan data petrografi dari beberapa formasi di Cekungan Banggai.



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.3. Metode Analisis

Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan identifikasi geometri pori dan struktur pori berdasarkan data sifat-sifat petrofisika dari data core untuk menganalisis adanya hubungan antara geometri pori dan struktur pori tersebut dengan kualitas batuan. Geometri pori

disederhanakan oleh Permadi dan Susilo (2009) menjadi $(K/\phi)^{0.5}$. Sedangkan struktur pori disederhanakan oleh Wibowo dan Permadi (2013) menjadi K/ϕ^3 .

Selanjutnya membangun pemodelan kerangka solid dengan pendekatan Hashin Sthrikman (1963) untuk memodelkan bulk modulus dan shear modulus mineral, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan porositas kritis sebagai salah satu faktor kualitas batuan dengan pendekatan menggunakan persamaan Nur dkk. (1995) yang dikembangkan dari persamaan Voigt bound.

Berdasarkan hal tersebut selanjutnya dilakukan identifikasi hubungan-hubungan yang mungkin antara geometri pori dan struktur pori dengan indikator kualitas reservoir sehingga dapat disusun metode pendekatan untuk prediksi permeabilitas. Metode yang diperoleh akan digunakan untuk prediksi rock type dan permeabilitas pada sumur atau interval yang tidak memiliki data core. Untuk menilai keakuratan hasil estimasi permeabilitas, nilai yang telah diperoleh dibandingkan dengan data core.

3.4. Indikator Capaian Penelitian

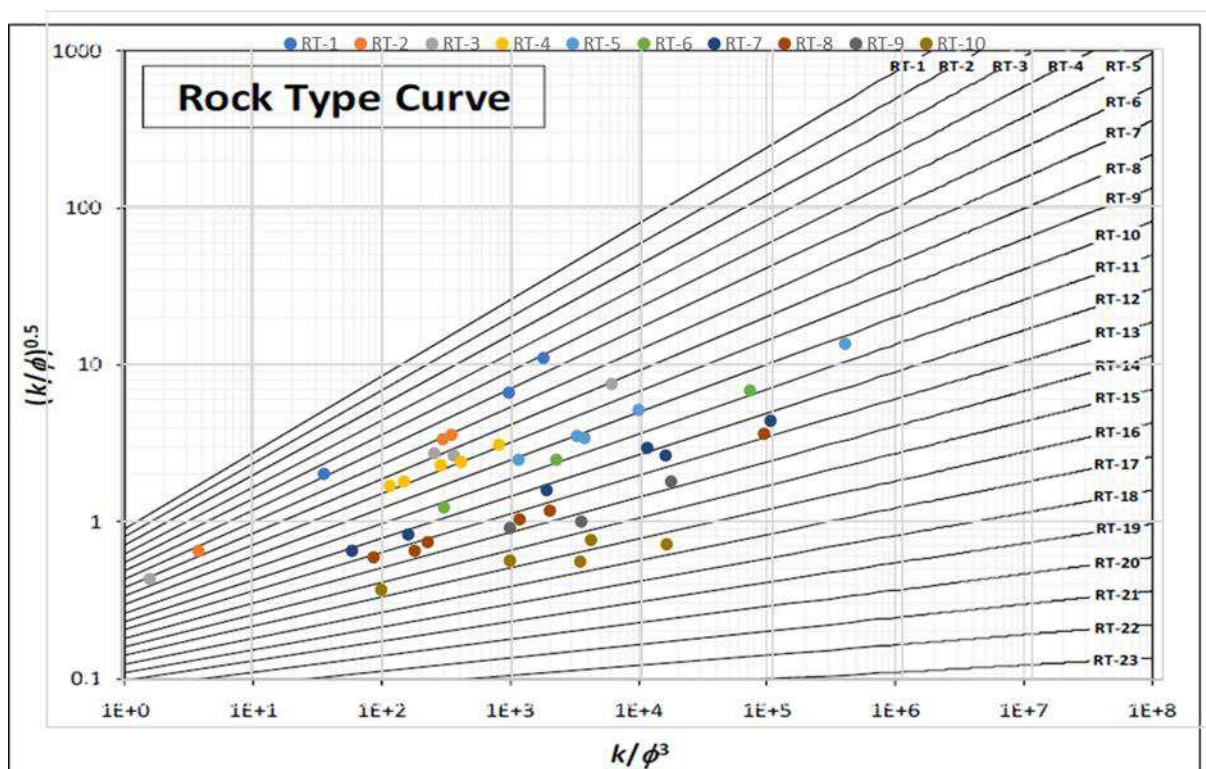
Indikator capaian penelitian :

1. Diketahui rock type batuan
2. Diperoleh batasan nilai porositas kritis sebagai acuan dalam prediksi permeabilitas
3. Luaran Penelitian berupa HKI dan paper yang terpublish di jurnal internasional

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan 45 sampel core batuan karbonat dari Formasi Tomori di Cekungan Banggai. Sampel core tersebut digunakan untuk menentukan geometri pori, struktur pori, dan porositas kritis yang dimiliki oleh reservoir yang dianalisis dengan menggunakan pendekatan Wibowo dan Permadi serta Nur dkk.

Kemudian dilakukan pula konversi dari keadaan kering menjadi keadaan basah serta konversi keadaan tekanan ruang menjadi tekanan bawah permukaan @PLog dengan menggunakan dukungan data log akustik pada kedalaman core tersebut, sehingga dapat diperoleh rock type pada kondisi @PLog. Pengelompokan batuan tersebut dapat digunakan dalam prediksi permeabilitas dengan menggunakan pendekatan porositas kritis batuan. Analisis awal dilakukan pengelompokan batuan dengan metode Wibowo dan Permadi dengan memplotkan geometri pori $(K/\phi)^{0.5}$ dengan struktur pori K/ϕ^3 , sehingga hasil pengelompokan menggunakan metode Wibowo dan Permadi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



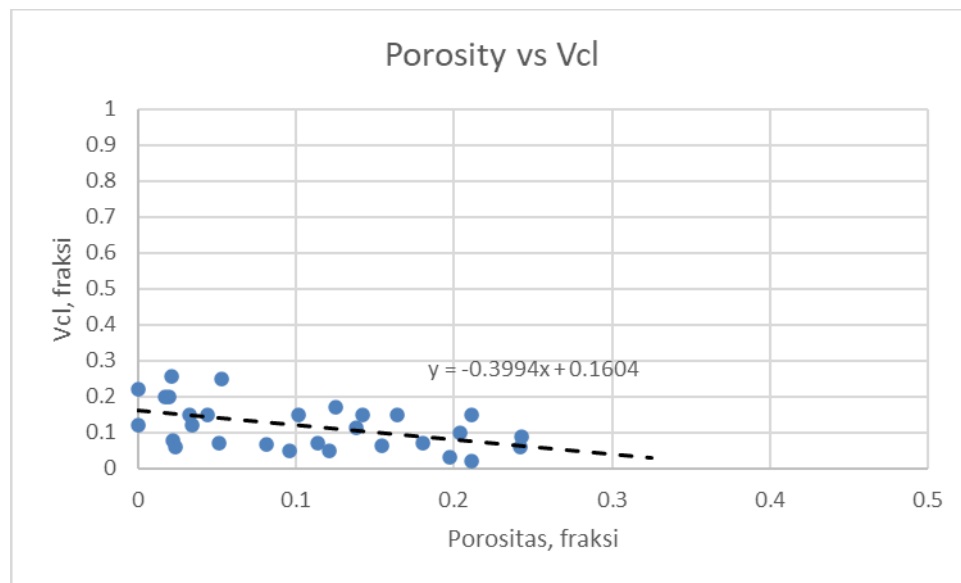
Gambar 4.1 Hubungan Geometrik Pori dan Struktur Pori Menggunakan Metode Wibowo dan Permadi

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat dari hasil pengelompokan batuan menggunakan hubungan geometri pori dan struktur pori diperoleh 10 tipe batuan yang masing – masing tipe batuan tersebut memiliki geometri dan struktur tersendiri, pada tipe batuan 1 (RT-1) memiliki karakter geometri pori dan struktur pori yang paling baik dibandingkan dengan tipe batuan lain dari hasil analisis pengelompokan batuan tersebut.

Sedangkan pada tipe batuan 10 (RT-10) memiliki kelompok geometri dan struktur pori yang paling jelek dibandingkan dengan kelompok tipe batuan yang lain pada hasil pengelompokan tersebut. Semakin baik pengelompokan batuan berdasarkan struktur porinya maka semakin baik distribusi ukuran pori yang tersusun oleh butir batuan tersebut di dalam Menyusun pori batuan, dan semakin baik

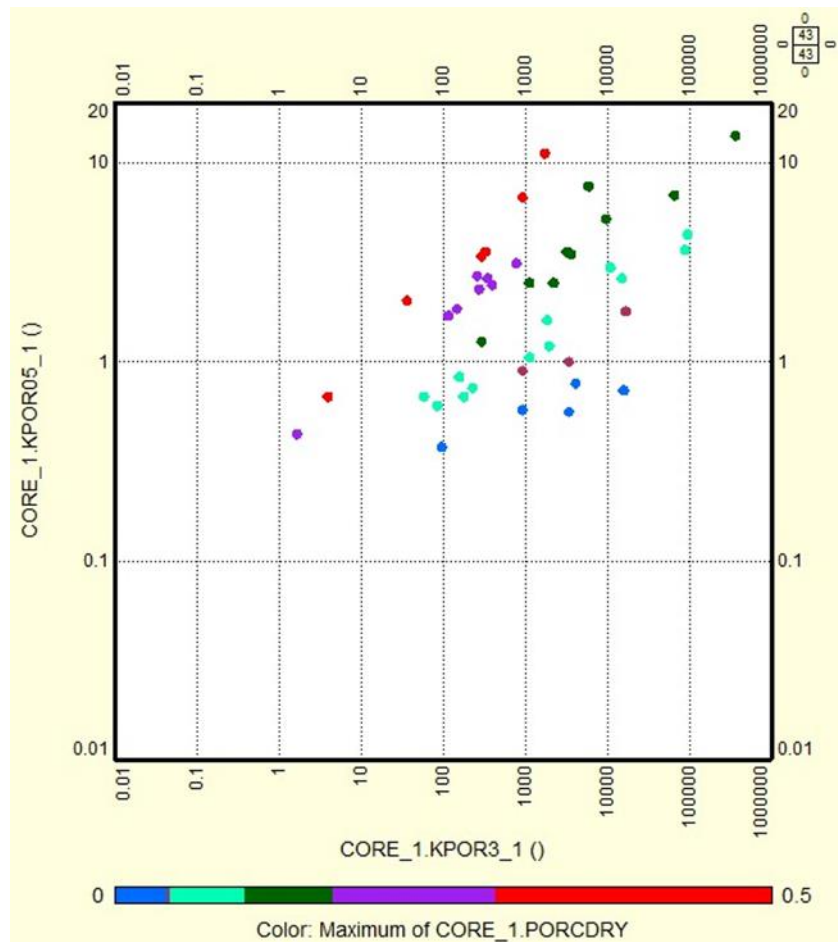
kelompok batuan berdasarkan geometri pori, maka semakin baik pengelompokan pada arah geometri porinya maka akan semakin baik bentuk pori yang saling berhubungan di dalam batuan. Pada RT-1 hingga ke arah RT-10 dapat terlihat bahwa pengelompokan geometri porinya semakin ke arah buruk atau jelek yang ditunjukkan oleh menurunnya nilai geometri pori, sehingga pada RT-10 menurut pengelompokan tipe batuan menggunakan pendekatan geometri dan struktur pori akan semakin sukar di dalam mengelirakan fluida. Hasil pengelompokan batuan pada gambar 4.1 akan digunakan sebagai perbandingan hasil banyaknya pengelompokan batuan terhadap pendekatan porositas kritis.

Selanjutnya, untuk dapat membuat pengelompokan batuan dengan pendekatan porositas kritis, maka perlu dianalisis terlebih dahulu bulk modulus hasin skritman. Dalam pemodelan bulk modulus hasin skritman dapat dibuat dengan melihat perbandingan komposisi matriks batuan, jika pada sample core tidak memiliki data volume clay maka dapat dibuat grafik perbandingan volume clay terhadap porositas yang nantinya memunculkan persamaan regresi untuk dapat digunakan dalam memperoleh nilai Vcl. Hubungan nilai volume clay terhadap porositas batuan dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hubungan Porositas vs Vcl

Dari gambar 4.2 dapat diperoleh nilai Vcl untuk setiap sample core yang tidak memiliki hasil analisis Vcl. Hubungan Porositas terhadap Vcl pada batuan karbonat tidak signifikan pada batuan pasir yang dimana Vcl ikut terendapkan seiring proses migrasi batupasir. Dari gambar 4.2 diperoleh persamaan linear $Y = -0.3994X + 0.1604$, hasil Vcl tersebut digunakan untuk membangun model Hasin Skritman yang berfungsi untuk menganalisis pengelompokan batuan berdasarkan pendekatan porositas kritis batuan. Dengan menghitung nilai bulk modulus batuan dari nilai Vp dan menghitung shear modulus dari nilai Vs batuan, maka dapat diperoleh nilai porositas kritis dengan menggunakan persamaan Nur dkk. Yang nantinya porositas kritis dapat digunakan sebagai batasan penentuan kelompok batuan. Dari hasil analisis porositas kritis maka dibuat grafik hubungan struktur pori dan geometri pori yang dibatasi terhadap porositas kritis sebagai pengelompokan batuan, hasil grafik hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.3

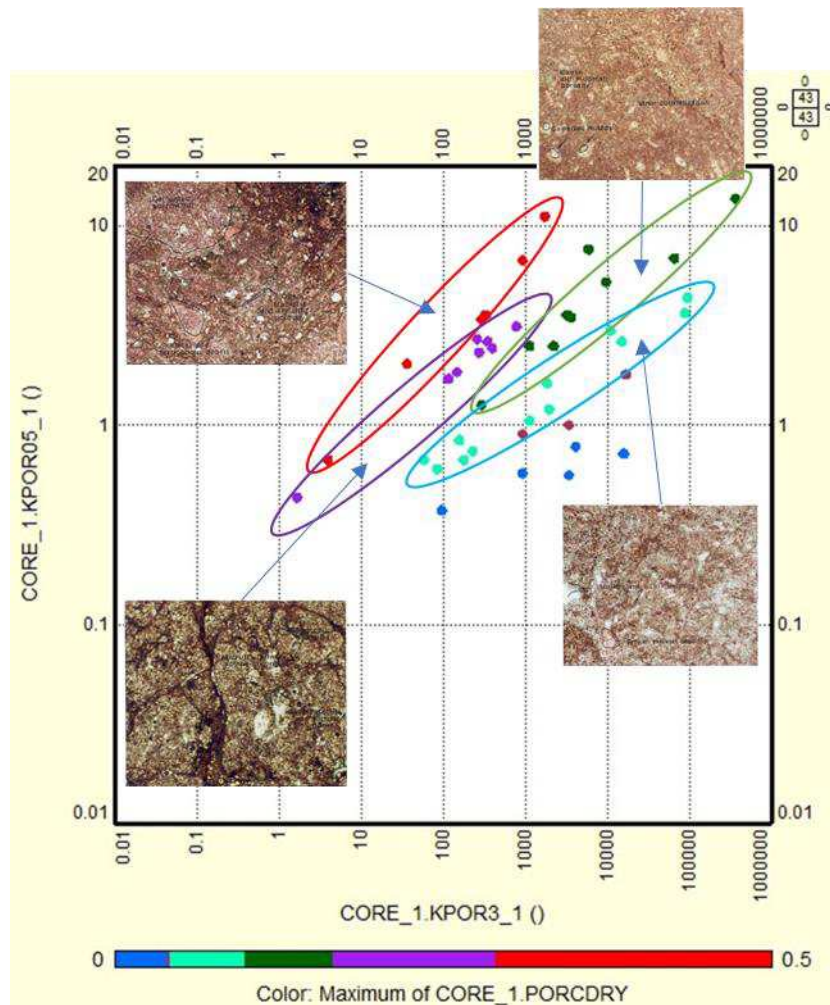


Gambar 4.3 Hubungan Struktur Pori dan Geometri Pori Terhadap Porositas Kritis Batuan

Pada gambar 4.3 dapat terlihat diperoleh pengelompokan batuan berdasarkan pendekatan porositas kritis batuan. Rentang nilai porositas kritis untuk setiap kelompok batuan dapat dilihat pada Tabel 4.1, dimana nilai porositas kritis tersebut nantinya menjadi pengontrol dalam proses prediksi permeabilitas batuan yang harus menggunakan nilai Swirr dari batuan tersebut.

Tabel 4.1 Batas Nilai Porositas Kritis Pada Tiap Kelompok Batuan

	ϕ_c dry RT
RT-1	$\phi_c \Rightarrow 0.29$
RT-2	$0.166 > \phi_c > 0.29$
RT-3	$0.099 > \phi_c > 0.166$
RT-4	$0.042 > \phi_c > 0.099$
RT-5	$0.040 > \phi_c > 0.042$
RT-6	$0.040 \geq \phi_c$



Gambar 4.4 Validasi Pengelompokan dan Permeabilitas Batuan

Pada gambar 4.4 telah tervalidasi melalui petrography batuan carbonat yang dapat dilihat pada RT-1 memiliki tekstur dan karakteristik pori open fracture yang membuat nilai porositas dan permeabilitas besar pada batuan, pada RT-2 memiliki tekstur dan karakteristik pori micro fracture yang membuat distribusi pori dan permeabilitas cukup baik, pada RT-3 memiliki tekstur dan karakteristik pori matrix moderate pori yang memberikan distribusi pori dan permeabilitas yang sedang, pada RT-4 memiliki tekstur dan karakteristik pori matrix pori yang membuat distribusi pori relative kecil.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

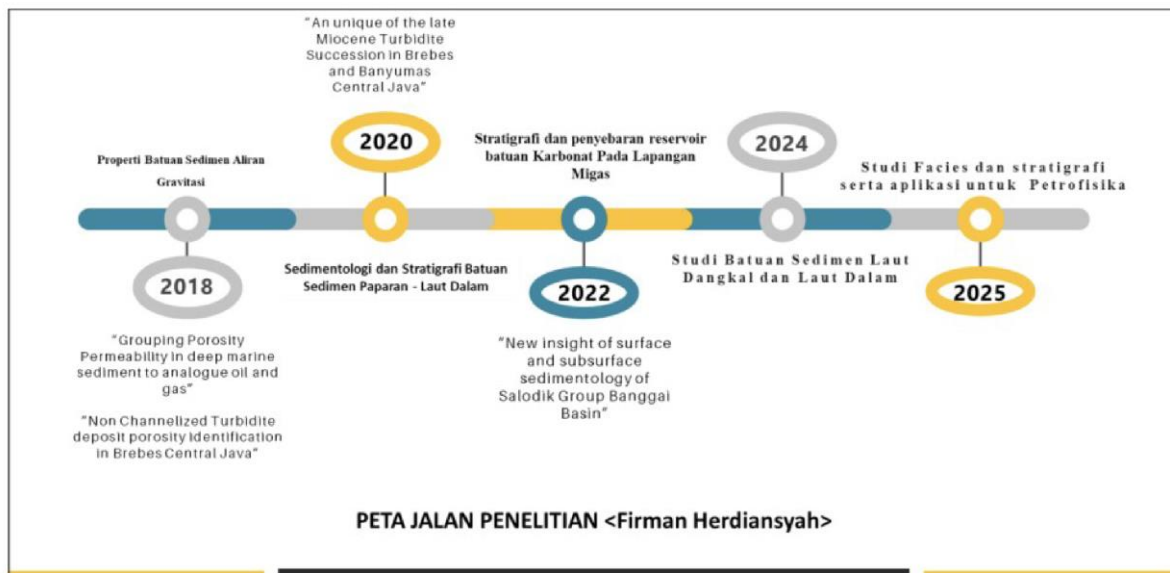
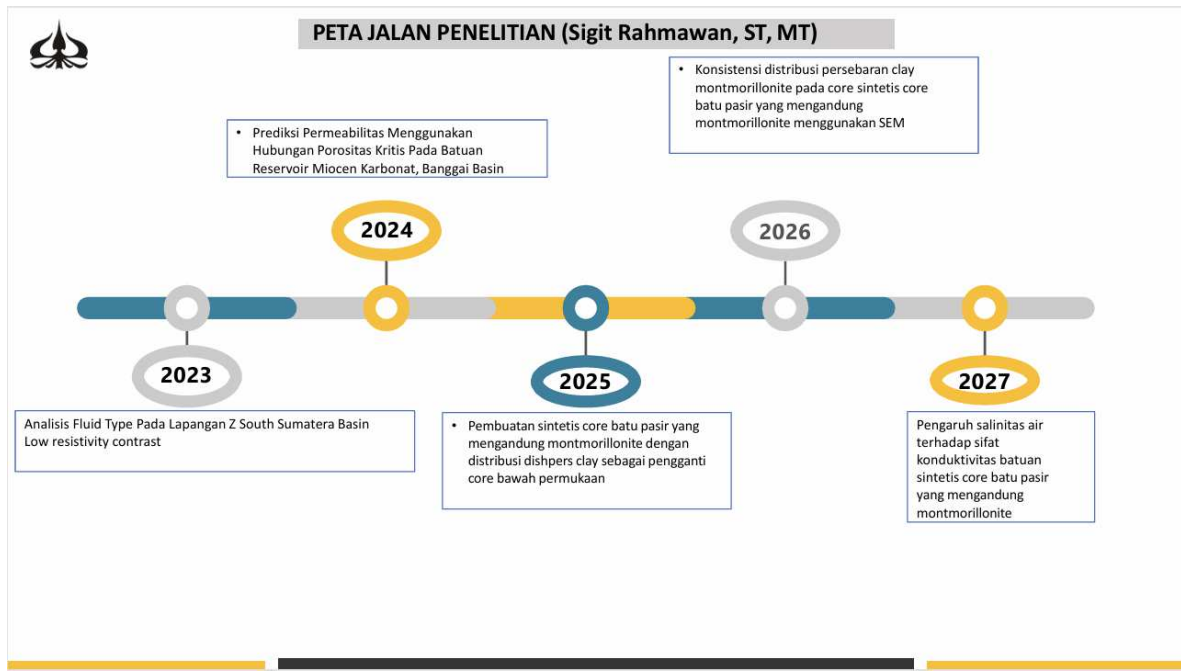
Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini, bahwa pada pengelompokan batuan menggunakan metode Wibowo dan Permadi diperoleh kelompok batuan sebanyak 10 kelompok dengan terlihat semakin menurunnya geometri pori batuan akan semakin tergolong kedalam kelompok batuan yang paling jelek. Sedangkan pada pengelompokan batuan menggunakan pendekatan porositas kritis batuan dan diperoleh hanya 6 kelompok batuan dengan nilai batas porositas kritis dari tiap masing – masing rocktype, yang juga terlihat bahwa semakin menurunnya geometri pori batuan, maka kelompok batuannya akan tergolong kedalam batuan yang memiliki kemampuan mengalirkan fluida tidak baik. Pengelompokan batuan pada batuan karbonat dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan porositas kritis dan diperoleh 6 kelompok batuan yang dipengaruhi oleh nilai geometri pori dan struktur pori. Prediksi permeabilitas dilakukan dengan mengacu pada nilai batas porositas kritis batuan yang juga terkelompok berdasarkan struktur dan geometri pori.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbaszadeh, M., Fujii, H., & Fujimoto, F. (1996): Permeability Prediction by Hydraulic Flow Units-Theory and Applications, SPE Formation Evaluation.
- Amaefule, J. O., Altunbay, M., Tiab, D., Kersey, D.G., & Keelan, D.K. (1993): Enhanced reservoir description using core and log data to identify hydraulic (flow) units and predict permeability in uncored intervals/wells, Paper SPE 26436 presented at the 68th Annual Technical Conference and Exhibition of the SPE held in Houston, Texas.
- Baechle, G.T., Weger, R., Eberli, G.P., Colpaert, A. (2006): Pore size and pore type effect on velocity-implication for carbonate rock physic models, Workshop, "Sound of Geology", Norway, Bergen
- Dirjen Migas KESDM, (2012): Indonesian Petroleum Contract Area Map, <http://www.wkmigas.com/wp-content/uploads/2012/11/Indonesia-Contract-Area-Map.pdf>, Diunduh pada Februari 2018.
- Fabricius, I.L., Beachle, G.T., Eberli, G.P., Weger, R. (2007): Society of Exploration Geophysicists, Geophysics, vol. 72, No.5, P. E185–E191, 10 FIGS, 10.1190/1.2756081.
- Gomes, J.S., Ribeiro, M.T., Strohmenger, C.J., Negahban, S., and Kalam, M.Z., (2008): "Carbonate Reservoir Rock Typing – The Link Between Geology and SCAL", SPE 118284.
- Guo, G., Diaz, M.A., Paz, F. dan Waninger, E.A. (2005): Rock Typing as an Effective Tool for Permeability and Water-Saturation Modeling : A Case Study in a Clastic Reservoir in the Oriente Basin, Paper SPE 9703 presented at SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Dallas, Texas, U.S.A., October 9 – 12.
- Han, D., Nur, A., Morgan, D., (1986): Effects of porosity and clay content on wave velocities in sandstones, Geophysics, vol. 51, No. 11 (November 1986), P. 2093-2107
- Marion, D., Nur, A., dan Alabert, F., (1989): Modelling The Relationships Between Sonic Velocity, Porosity, Permeability, and Shaliness in Sand, Shale, and Shaly Sand, SPWLA Thirtieth Annual Logging Symposium, June 11-14
- Noble, R.A., Pratomo, K.H., Nugrahanto, K., Ibrahim, A.M.T., Prasetya, I., Mujahidin, N., Wu, C.H., and Howes, J.V.C., (1997): "Petroleum Systems of Northwest Java, Indonesia", Proceedings of the Petroleum Systems of SE Asia and Australasia Conference.
- Nur, A., Mavko, G., Dvorkin, J., & Gal, D. (1995): Critical porosity : the key to relating physical properties to porosity in rocks, In Proc. 65th Ann. Int. Meeting, Society of Exploration Geophysicists, vol. 878. Tulsa.
- Permadi, P., & Wibowo, A.S. (2013): Kozeny's Equation for Better Core Analysis, SCA, 048
- Permadi, P., & Wibowo, A.S. (2009): Permeability Prediction and Characteristic of Pore Structure and Geometry as Inferred From Core Data, SPE 125350

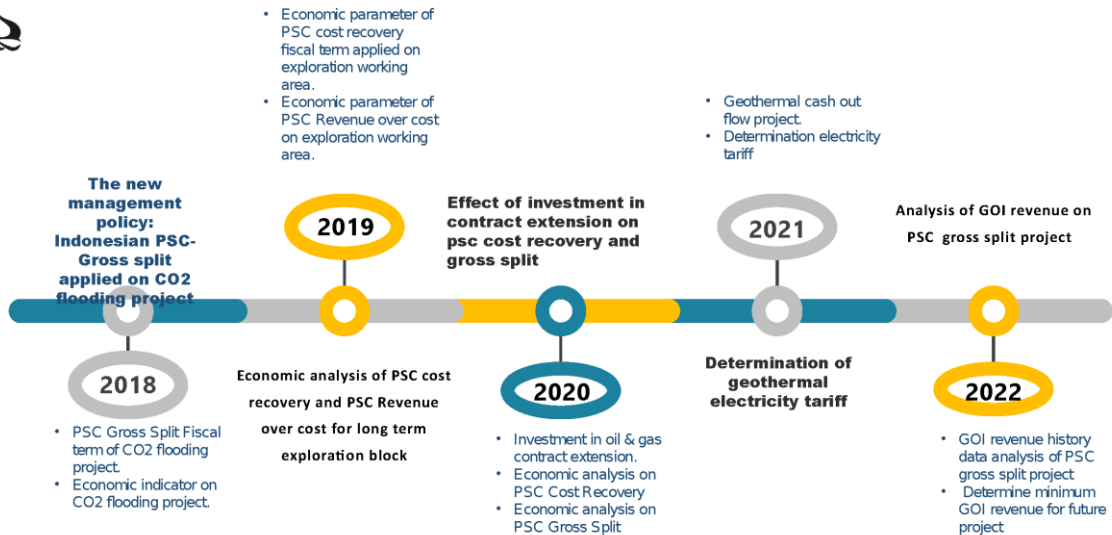
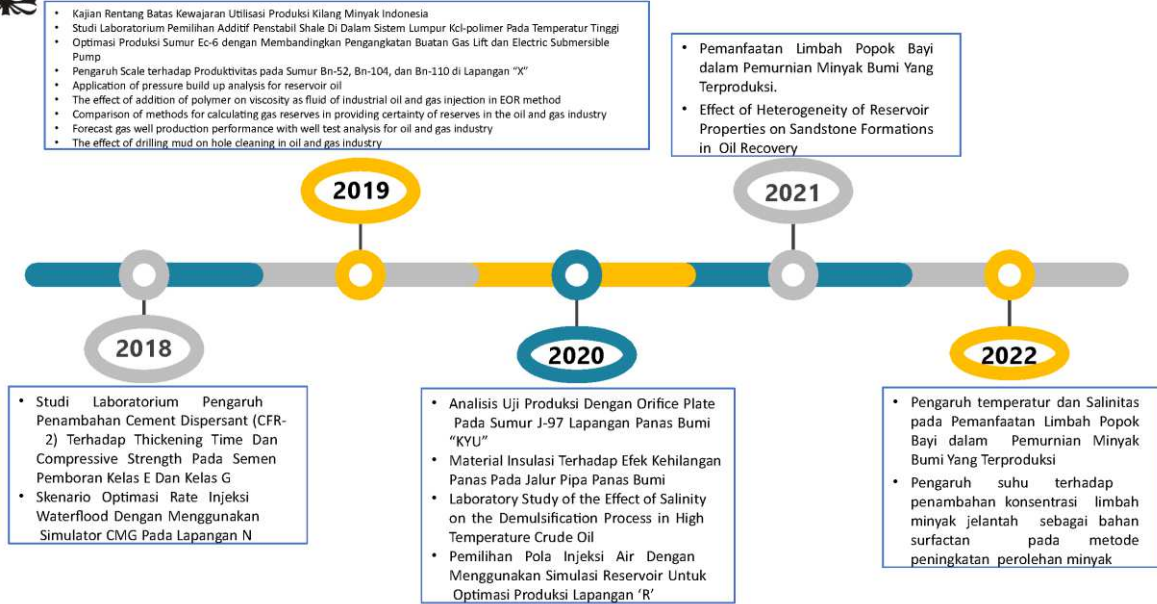
- Perarnau, A., dan Payne, C.J., (2006): Time DTS-Porosity Relationship, SPWLA 47th Annual Logging Symposium, June 4-7, Veracruz, Mexico.
- Prakoso, S., Permadi, P., & Winardhie S. (2016): Effects of Pore Geometry and Pore Structure on Dry P-Wave Velocity, *Modern Applied Science*, 10, 8, 117-133.
- Prakoso, S., Permadi, P., Winardhie S., & Marhaendrajana, T., (2017): Dependence of critical porosity on pore geometry and pore structure and its use in estimating porosity and permeability, *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, <https://doi.org/10.1007/s13202-017-0411-6>, Diunduh pada April 2018.
- Prasad, M. (2002): Velocity-Permeability Relations Within Hydraulic Units, *Geophysics*, 68, 108–117.
- Russell, B.H., dan Smith, T., (2007): The relationship between dry rock bulk modulus and porosity – An empirical study, *CREWES Research Report — Volume 19*, <https://www.crewes.org/ForOurSponsors/ResearchReports/2007/2007-05>, Diunduh pada Juli 2018
- Weger, R.J., Eberli, G.P., Baechle, G.T., Jose, M.L., dan Sun Y.F., (2009): Quantification of pore structure and its effect on sonic velocity and permeability in carbonates, *AAPG Bulletin*, V. 93, No.10, PP. 1297 – 1317.
- Wibowo, A.S. & Permadi, P. (2013): A Type Curve for Carbonates Rock Typing, *International Petroleum Technology Conference*, 16663

LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN





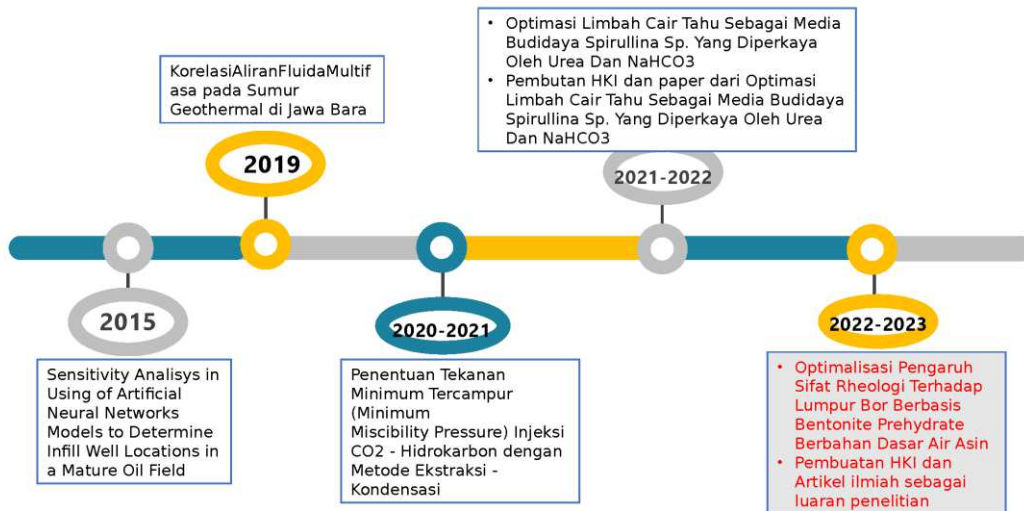
PETA JALAN PENELITIAN (Samsol, ST, MT)



PETA JALAN PENELITIAN <Syamsul Irham>



PETA JALAN PENELITIAN (Prof. Ir. Asri Nugrahanti, Ph.D, IPU)



LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN

LUARAN 1 :

Kategori Luaran : Hak Kekayaan Intelektual

Status : Tercatat/Tersedia

Jenis HKI : Hak Cipta

Nama HKI : Pengklasifikasian Kelompok Batuan Karbonat Pada Formasi Tomori, Cekungan Banggai

No. Pendaftaran : EC00202478931

Tanggal Pendaftaran : 2024-08-07

No. Pencatatan : 000654277

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Sigit Rahmawan, ST., M.T.
2. Firman Herdiansyah, S.T., M.T.
3. Samsol, S.T., M.T.
4. Dr. Ir. Syamsul Irham, M.T.
5. Prof. Ir. Asri Nugrahanti, M.S., Ph.D.
6. Thalia Ribka Marinada

LUARAN 2 :

Kategori Luaran : Publikasi di Conference Series Bereputasi

Status : Submitted

Tingkat Forum Ilmiah : Internasional

Nama Conference : International Conference of Petroleum, Mining, Geology, Geoscience, Energy & Enviromental Technology (ICPMGET)

Lembaga Penyelenggara : Universitas Trisakti

Tempat Penyelenggaraan : Jakarta

Tanggal Penyelenggaraan : 22/07/2024 - 24/07/2024

Lembaga Pengindek : IOP

Url Website Conference : <https://icpmget.ftke.trisakti.ac.id/>

Judul Artikel : CARBONATE ROCKS GROUPING USING CRITICAL POROSITY APPROACH IN MIOCENE ROCKS, BANGGAI BASIN

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Sigit Rahmawan, ST., M.T. (First Author)
2. Firman Herdiansyah, S.T., M.T. (Other Author)
3. Samsol, S.T., M.T. (Other Author)
4. Dr. Ir. Syamsul Irham, M.T. (Other Author)
5. Prof. Ir. Asri Nugrahanti, M.S., Ph.D. (Other Author)
6. Thalia Ribka Marinada (Other Author)

Penulis (Di Luar Tim Peneliti) :

1. Dr. Ir. Muhammad Burhannudinnur, M.Sc., IPM. (Other Author)
2. Dr. Ir. Suryo Prakoso, ST., MT. (Other Author)
3. Djunaedi Agus Wibowo, ST., MT. (Other Author)
4. Teddy Irano (Other Author)