

SKRIPSI

PENGARUH KETERDAPATAN ATRIBUT *CLEAT* TERHADAP PERMEABILITAS BATUBARA PADA AREA KUNGKILAN, KECAMATAN MERAPI BARAT, KABUPATEN LAHAT, SUMATERA SELATAN



Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik (ST) pada Program Studi Teknik Geologi
Universitas Sriwijaya

Oleh :

Aryzka Fio Novita

NIM. 03071381823040

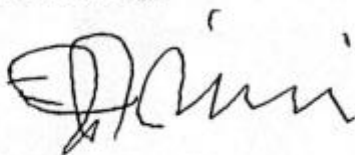
**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Pengaruhnya Keterdapatan Atribut *Cleat* terhadap Permeabilitas Batubara pada Area Kungkilan, Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan
2. Biodata Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Aryzka Fio Novita
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIM : 03071381823040
 - d. Alamat Rumah : Jl. Suprpto Asmil Hubdam II/Swj Kel. 30 Ilir Kec. Ilir Barat II, Kota Palembang, Sumatera Selatan
 - e. Telepon/HP/e-mail : 0896-3292-2675/Aryzkafionovita@gmail.com
3. Nama Penguji I : Dr. Idarwati., S.T., M.T., (.....)
- Nama Penguji II : Harnani., S.T., M.T. (...)
4. Jangka Waktu Penelitian : 2 bulan
 - a. Persetujuan lapangan : 03 Desember 2021
 - b. Sidang seminar :
5. Pendanaan
 - a. Sumber dana : Mandiri
 - b. Besar dana : Rp. 2.000.000

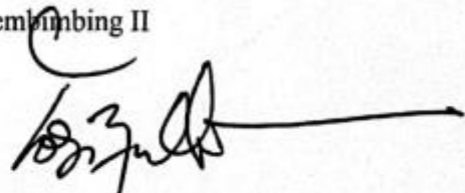
Palembang, 27 Juni 2023

Menyetujui,
Pembimbing I



Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc.
NIP. 195902051988032002

Pembimbing II



Yogie Zulkurnia Rochmana, S.T., M.T.
NIP. 198904222020121003

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Teknik Geologi



Dr. Idarwati, S.T., M.T.
NIP. 198306262014042001

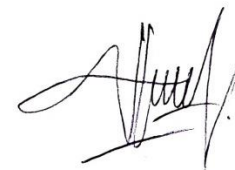
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah dan karunia-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis. Dalam pengerjaan laporan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc. selaku dosen Pembimbing I dan bapak Yogie Zulkurnia Rochmana, ST. MT. Selaku dosen pembimbing II yang telah memberi motivasi dan memberikan kritik serta saran sehingga laporan ini dapat diselesaikan sesuai waktu yang ditentukan serta penulis tidak lupa mengucapkan terimakasih kepada :

1. Koordinator Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya Dr. Idarwati, S.T.,M.T, serta Staf Dosen Program Studi Teknik Geologi, Prof. Dr. Ir. Edy Sutriyono, M. Sc., ; ibu Falisa, S.T.,M.T, ; ibu Harnani, S.T.,M.T.; bapak Stevanus Nalendra Jati, S.T.,M.T; Ibu Elisabet Dwi Mayasari, S.T.,M.T, ; bapak Mochammad Malik Ibrahim, S.T., M.Eng; dan bapak Ugi Kurnia Gusti, S.T.,M.T.; yang telah memberikan ilmunya, saran bagi penulis selama menyusun laporan dan dalam perkuliahan.
2. PT Ansaf Inti *Resources* yang telah mengizinkan penelitian dilakukan pada area kerja.
3. Pak Dwi, Pak Dadan, Bang Rifko, Pak Andi, Pak Arif, Pak Wahyu, Pak Fadil, Pak Kelmino, Pak Pandang yang telah membagi ilmunya serta membimbing saya selama proses pengumpulan data tugas akhir. Kak Miko dan Kak Oka yang membantu sekaligus menemani selama proses pengambilan data dilapangan.
4. Dhea selaku rekan selama pengumpulan data tugas akhir dan sebagai rekan diskusi segala hal selama perkuliahan serta Gemi dan Rafi selaku teman dekat yang memberikan masukan dan semangat selama perkuliahan.
5. Kedua orangtua serta seluruh keluarga besar saya yang sudah memberikan semangat, doa dan motivasi.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Akhir kata penulis ucapkan terimakasih, semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua Amin.

Palembang, 27 Juni 2023
Penulis,



Aryzka Fio Novita
NIM 03071381823040

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta di proses sesuai dengan peraturan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70)

Palembang, 27 Juni 2023



Novita

NIM. 03071381823040

**PENGARUH KETERDAPATAN ATRIBUT *CLEAT* TERHADAP
PERMEABILITAS BATUBARA PADA AREA KUNGKILAN, KECAMATAN
MERAPI BARAT, KABUPATEN LAHAT, SUMATERA SELATAN**

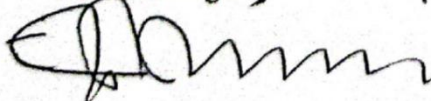
Aryzka Fio Novita
03071381823040
Universitas Sriwijaya

Penelitian dilakukan pada PIT BME area kerja PT. Ansa inti *Resources* dengan ruang lingkup dibatasi pada *seam c* dan *seam d*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh adanya atribut *cleat* dan kaitannya terhadap permeabilitas batubara. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi pustaka, observasi lapangan berupa pengukuran atribut *cleat* (orientasi, *spacing*, *aperture*, densitas, intensitas *cleat* dan mineral pengisi) yang diperoleh melalui pengukuran *scanline* lalu dilanjutkan dengan perhitungan permeabilitas menggunakan data *aperture* dan *spacing cleat* kemudian dilakukan korelasi regresi melalui metode geostatistik serta pembuatan peta. Hasil analisis menunjukkan orientasi umum *face cleat* berarah timur laut-barat daya dengan hasil atribut *cleat* berupa *aperture* memiliki interval 0,02 – 0,1 cm dan untuk *spacing* memiliki rentang 2,9 – 5,7 cm. Berdasarkan perhitungan dari persamaan permeabilitas, kisaran permeabilitas yang didapatkan adalah 2,27 Md – 42,95 mD untuk model *match sticks* dan 3,02 mD – 57,27 mD untuk *model cubes*, dapat disimpulkan bahwa dari lokasi penelitian ini dibebberapa lapisan batubara memiliki permeabilitas yang cukup baik untuk gas metana batubara. Selanjutnya dari hasil analisis hubungan antara atribut *cleat* dengan nilai permeabilitas batubara menunjukkan bahwa atribut tersebut saling memiliki korelasi dengan permeabilitas. Hubungan *aperture* terhadap permeabilitas berpola positif yang artinya searah dimana semakin besar *aperture cleat*, maka semakin besar nilai permeabilitas yang terbentuk. Hal berbeda terjadi pada hubungan antara *spacing cleat* dengan permeabilitas batubara, dari hasil korelasi diketahui jika pola yang terbentuk adalah negatif atau bertolak belakang, artinya semakin banyak *spacing cleat* yang terbentuk maka semakin rendah nilai permeabilitas dari batubara begitupun sebaliknya.

Kata kunci: Atribut *Cleat*, Batubara, Permeabilitas

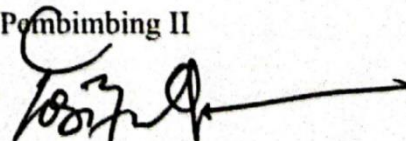
Palembang, 27 Juni 2023

Menyetujui,
Pembimbing I



Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc.
NIP. 195902051988032002

Pembimbing II



Yogie Zulkurnia Rochmana, S.T., M.T.
NIP. 198904222020121003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Geologi



Dr. Karwati, S.T., M.T.
NIP. 198306262014042001

**THE EFFECT OF CLEATS ATTRIBUTE ON COAL PERMEABILITY IN
KUNGKILAN AREA, WEST MERAPI DISTRICT, LAHAT REGENCY, SOUTH
SUMATRA**

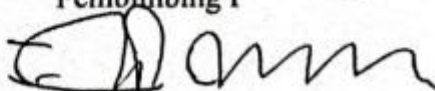
Aryzka Fio Novita
03071381823040
Universitas Sriwijaya

The research was conducted at PIT BME in the work area of PT. Ansaf Inti Resources with scope limited to seam c and seam d. The purpose of this research is to find out how the influence of the cleat attribute and its relation to coal permeability. The research method used includes literature study, field observations in the form of measuring cleat attributes (orientation, spacing, aperture, density, cleat intensity and filler mineral) obtained through scanline measurements and then proceed with permeability calculations using aperture and cleat spacing data then performing regression correlation through geostatistical methods and map making. The results of the analysis show that the general orientation of the face cleats is northeast-southwest with the result that the cleat attribute in the form of an aperture has an interval of 0.02 – 0.1 cm and for spacing it has a range of 2.9 – 5.7 cm. Based on the calculation of the permeability equation, the permeability range obtained is 2.27 Md – 42.95 mD for the match sticks model and 3.02 mD – 57.27 mD for the cubes model. It can be concluded that from this research location several coal seams have permeability which is good enough for coal methane gas. Furthermore, the results of the analysis of the relationship between the cleat attribute and the coal permeability value show that these attributes have a correlation with permeability. The relationship between aperture and permeability has a positive pattern, which means that the larger the cleat aperture, the greater the permeability value formed. A different thing happens in the relationship between cleat spacing and coal permeability, from the correlation results it is known if the pattern formed is negative or contradictory, meaning that the more cleat spacing is formed, the lower the permeability value of the coal and vice versa.

Keywords: Cleat Attributes, Coal, Permeability

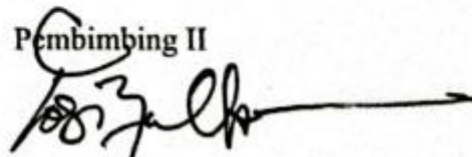
Palembang, 27 Juni 2023

**Menyetujui,
Pembimbing I**



Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc.
NIP. 195902051988032002

Pembimbing II



Yogie Zulkurnia Rochmana, S.T., M.T.
NIP. 198904222020121003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Geologi



Dr. Jdarwati, S.T., M.T.
NIP. 198306262014042001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iiiv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	ivi
DAFTAR TABEL	1
DAFTAR GAMBAR	2
DAFTAR LAMPIRAN	3
BAB I PENDAHULUAN	4
1.1 Latar Belakang.....	4
1.2 Maksud dan Tujuan	4
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian	5
BAB II GEOLOGI REGIONAL	7
2.1 Tatanan Tektonik.....	7
2.2 Stratigrafi.....	8
2.2.1 Fase Transgresi.....	8
2.2.2. Fase Regresi	9
2.3 Struktur Geologi	11
BAB III ATRIBUT CLEAT DAN PERMEABILITAS	13
3.1 <i>Cleat</i> Batubara.....	13
3.1.1 Karakteristik <i>Cleat</i>	14
3.1.2 Metode Pengukuran <i>Cleat</i>	16
3.1.3 Genesa <i>Cleat</i>	16
3.1.4 Pengaruh Karakteristik <i>Cleat</i>	16
3.2 Permeabilitas Batubara.....	17
BAB IV METODE PENELITIAN	19
4.1 Pendahuluan	19
4.2 Pengumpulan Data.....	20
4.2.1 Data Primer	20
4.2.1.1 Pengamatan Geologi Permukaan	20

4.2.2 Data Sekunder	20
4.3 Pengolahan dan Analisis Data	21
4.3.2 Kerja Studio	21
4.3.2.1 Analisis Peta Tematik	21
4.3.2.3 Analisis Geostatistik Cleat	22
4.3.2.4 Analisis Statistik Korelasi	22
4.3.2.5 Analisis Permeabilitas	23
4.4 Penyusunan Laporan	24
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	25
5.1 Geologi Lokal	25
5.1.1 Geomorfologi	25
5.1.2 Stratigrafi	28
5.1.3 Struktur Geologi	31
5.2 Hasil Penelitian	33
5.2.3 Analisis Atribut <i>Cleat</i>	36
5.2.4 Analisis Permeabilitas Cleat	41
5.2.5 Analisis Korelasi regresi	42
5.3 Pembahasan	45
BAB VI KESIMPULAN	49
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hubungan antara dua variabel berdasarkan nilai koefisien (Sarwono, 2006).	23
Tabel 5.1 Rekapitulasi frekuensi cleat dan strike/dip singkapan yang diukur pada setiap lokasi pengamatan.	33
Tabel 5.2 Karakteristik <i>cleat</i> pada <i>seam c</i> dan <i>seam d</i>	37
Tabel 5.3 Mineral pengisi tiap lokasi penelitian.	38
Tabel 5.4 Rangkuman Hasil Atribut Cleat Berdasarkan Analisis Statistis Deskriptif... ..	40
Tabel 5.5 Hasil estimasi permeabilitas pada setiap stasiun.....	41
Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Nilai Korelasi.	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Administrasi Kabupaten Lahat dan lokasi penelitian	6
Gambar 2.1	Fase tektonik pembentuk cekungan Sumatera Selatan (1) fase kompresional jurasik awal-kapur, (2) fase ekstensional kapur akhir-tercier awal, dan (3) fase kompresi Miosen tengah – resen (Pulonggono dkk., 1992).....	8
Gambar 2.2	Kolom regional Cekungan Sumatera Selatan dan stratigrafi lokal daerah penelitian (Hermiyanto, 2009).	10
Gambar 2.3	Tatanan struktur geologi regional daerah telitian (Barber, 2005)	12
Gambar 4.1	Diagram Alur Penelitian.....	19
Gambar 5.1	Peta Elevasi morfologi daerah penelitian dan sekitarnya.....	25
Gambar 5.2	Peta kemiringan lereng daerah penelitian berdasarkan klasifikasi oleh Widyatmanti (2016).	26
Gambar 5.3	Kenampakan <i>sump</i> sebagai kolam penampungan air tambang	26
Gambar 5.4	Bukaan tambang lereng landai.	27
Gambar 5.5	Bukaan tambang lereng agak curam	27
Gambar 5.6	Bukaan tambang lereng curam.	28
Gambar 5.7	Kenampakan perbukitan rendah denudasional (PRD)	28
Gambar 5.8	Singkapan batulempung Formasi Muara Enim pada daerah penelitian ..	29
Gambar 5.9	Singkapan batubara seam d dan interburden seam c - d Formasi Muara Enim.	30
Gambar 5.10	Singkapan batubara <i>seam d</i>	30
Gambar 5.11	Sesar Kungkilan 1 pada lokasi peneltian.....	31
Gambar 5.12	Sesar Kungkilan 2 pada lokasi peneltian.....	32
Gambar 5.13	Sesar Kungkilan 3 pada lokasi peneltian.....	32
Gambar 5.14	Orientasi arah umum <i>face cleat</i> berdasarkan analisa diagram <i>rosed</i>	34
Gambar 5.15	Orientasi arah umum <i>butt cleat</i> berdasarkan analisa diagram <i>rosed</i>	34
Gambar 5.16	<i>Cleat</i> dalam Kedudukan Normal	35
Gambar 5.17	Rotasi <i>Cleat</i>	35
Gambar 5.18	Kenampakan lempung sebagai mineral pengisi pada <i>cleat</i> batubara	38
Gambar 5.19	<i>Aperture cleat</i> dengan model bloxpot.	39
Gambar 5.20	<i>Spacing cleat</i> dengan model boxplot.....	40
Gambar 5.21	Peta Sebaran Permeabilitas <i>Cleat</i> Area Kungkilan.	42
Gambar 5.22	Diagram Plot Densitas	44
Gambar 5.23	Diagram Plot Intensitas	44
Gambar 5.24	Peta Titik Pengukuran Cleat.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A.** Tabulasi Data Lapangan
- Lampiran B.** Peta Pengukuran Cleat
- Lampiran C.** Peta Geomorfologi
- Lampiran D.** Peta Geologi Lokal
- Lampiran E.** Hasil Pengukuran Atribut Cleat di lapangan
- Lampiran F.** Hasil Uji Validasi Data Cleat
- Lampiran G.** Hasil Perhitungan Permeabilitas
- Lampiran H.** Peta Sebaran Permeabilitas Cleat

BAB I

PENDAHULUAN

Dalam tahap pendahuluan memuat ulasan perihal latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, serta ketersampaian lokasi. Latar belakang menerangkan maksud penelitian ini dibuat. Rumusan masalah berisi persoalan tentang berbagai masalah yang belum jelas pada penelitian sebelumnya. Maksud dan tujuan mencakup target yang harus dicapai untuk memperoleh hasil dari tujuan penelitian. Batasan masalah memuat batasan ruang pada penelitian. Lokasi serta ketersampaian daerah mendeskripsikan bagaimana rute menuju lokasi penelitian.

1.1 Latar Belakang

Fokus penelitian yang berada di Cekungan Sumatera Selatan mempunyai sumber cadangan batubara dan potensi gas metana batubara yang cukup tinggi terutama pada Formasi Muara Enim (Sosrowidjojo & Saghafi, 2009). Formasi Muara Enim menjadi formasi pembawa batubara yang pengendapannya terjadi pada fase regresi, kemungkinan terdapatnya proses *peatification* (penggambutan) dan *coalification* (pembatubaraan) yang terjadi secara masif pada saat proses pengendapan berlangsung. Terbentuknya endapan batubara biasanya memunculkan kenampakan geologi dalam lapisan batubara. Kenampakan yang terbentuk pada lapisan batubara salah satunya yaitu rekahan atau *cleat*. Data karakteristik geometri *cleat* batubara dapat dipergunakan untuk menghitung nilai permeabilitas dan berperan menjadi tempat terakumulasinya gas metana pada lapisan batubara. Pada dasarnya jarak antar *cleat* (*spacing*) lebih sempit seiring adanya peningkatan peringkat batubara. Untuk dikembangkan sebagai gas metana batubara, tingkat kematangan batubara yang paling ekonomis berada pada tingkat lignit sampai sub bituminous atau batubara peringkat rendah hingga sedang dengan kalori <6.100 kal/gr, adb (PSDMBP, 2020), karena pada peringkat tersebut memiliki kandungan gas dan permeabilitas yang mencukupi untuk produksi gas metana. Batubara dengan peringkat rendah mempunyai nilai porositas yang rendah juga sehingga menghasilkan gas metana secara biogenik. Keterdapatan batubara peringkat rendah dan kurang ekonomis untuk dilakukan penambangan terbuka menjadi alasan mengapa perlu dilakukannya pemanfaatan energi alternatif lain, yaitu upaya produksi gas metana batubara secara insitu. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan studi lebih lanjut perihal dampak keterdapatan atribut *cleat* terhadap permeabilitas batubara.

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun penelitian ini memiliki maksud yaitu :

1. Mengetahui bagaimana kondisi geologi daerah penelitian.
2. Mengidentifikasi karakteristik dan atribut *cleat* batubara di daerah penelitian
3. Mengidentifikasi potensi gas metana melalui nilai permeabilitas batubara di daerah penelitian
4. Menganalisis pengaruh keterdapatan *cleat* dan kaitannya terhadap permeabilitas batubara.

1.3 Rumusan Masalah

Penelitian terbagi menjadi tiga bahasan yaitu, geologi lokal, karakteristik atribut *cleat*, dan permeabilitas batubara. Geologi lokal meliputi stratigrafi, geomorfologi dan struktur geologi daerah penelitian, karakteristik *cleat* mencakup hasil pengukuran atribut *cleat* (*aperture*, *spacing*, intensitas, mineral pengisi dll), perhitungan permeabilitas batubara, dan analisis korelasi antara atribut *cleat* terhadap permeabilitas batubara. Berdasarkan maksud dan tujuan diatas didapatkan rumusan masalah seperti dibawah ini :

1. Bagaimana situasi geologi daerah penelitian?
2. Bagaimana atribut serta karakteristik *cleat* batubara pada daerah penelitian?
3. Bagaimana potensi gas metana melalui perhitungan nilai permeabilitas batubara didaerah penelitian?
4. Bagaimana pengaruh keterdapatan *cleat* terhadap permeabilitas batubara di lokasi penelitian?

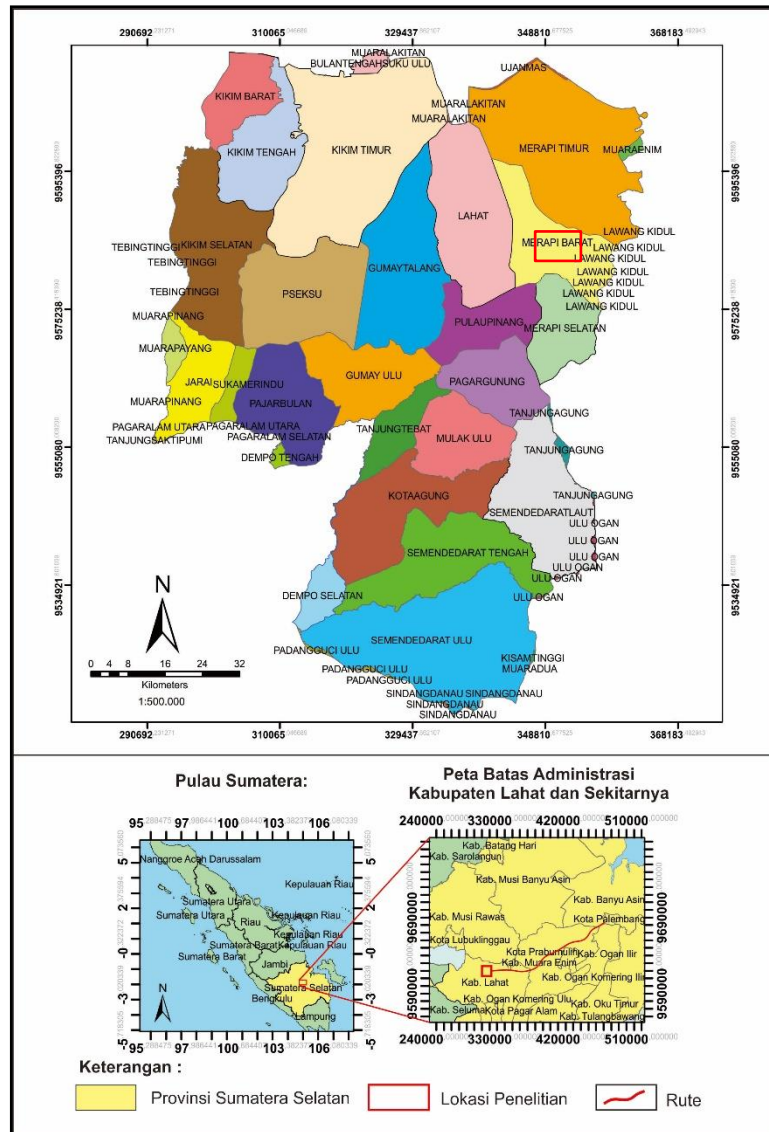
1.4 Batasan Masalah

Bahasan difokuskan pada studi kasus yang akan dikaji serta dibatasi oleh beberapa aspek utama kondisi daerah selama dilakukannya penelitian. Berikut ini adalah batasan masalah dalam penelitian :

1. Secara fisiografis berada pada Cekungan Sumatera Selatan yang berada di Formasi Muaraenim.
2. Penelitian difokuskan pada PIT BME, area kerja PT. Ansaf Inti *Resources* dengan luas area penelitian 1,5 x1,5 km dengan skala 1:5000.
3. Data penelitian yang digunakan berdasarkan pengamatan lapangan dan menggunakan data perusahaan. Data primer berupa data atribut *cleat* yang diambil dengan metode *scanline*. Data sekunder berupa data data topografi daerah penelitian.
4. Merekonstruksi karakteristik atribut *cleat* batubara dengan input data atribut *cleat* berupa kedudukan, *spacing*, *aperture*, densitas dan intensitas *cleat* dan data pendukung lain dalam metode statistik.

1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Area telitian berada pada area kerja PT Ansaf Inti *Resources* daerah Kungkilan pada PIT BME. Apabila dilihat secara geologi regional berada pada peta geologi lembar Lahat berskala 1:250.000 dan secara administrasi daerah penelitian berada pada Desa Muara Maung dan Negeri Agung, Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan (Gambar 1.1), Perjalanan dari Kota Palembang menuju daerah penelitian jarak yang ditempuh melewati jalur darat yaitu 158 km dan ± 5 Jam 40 menit waktu yang ditempuh. Kemudian perjalanan dari Kota Lahat menuju lokasi penambangan ditempuh sekitar 45 menit menggunakan kendaraan roda empat (mobil operasional perusahaan/LV).



Gambar 1. 1 Peta Administrasi Kabupaten Lahat dan lokasi penelitian area Kungkulan (Sumber : peta administratif Kabupaten Lahat menggunakan ArcGis).

DAFTAR PUSTAKA

- Ammosov, I. I., & Eremin, I. V. (1963). *Fracturing in Coal*. Washington DC: IZDAT Publisher, Office of Technical Service.
- Apriyani, N., Suharmono, Muhammad, M., Setiabudi, D., Arifin, S., Andrian, S., & Anom, S. M. (2014). Integrated Cleat Analysis and Coal Quality on CBM Exploration at Sangatta II PSC, Kutai Basin, Indonesia. *AAPG International Convention and Exhibition*.
- ASTM. (1993). Concrete and Concrete Aggregates. In *Annual book of ASTM* (p. 05.05). USA: ASTM.
- Barber. (2005). Sumatra : Geology, Resources and Tectonic Evolution. In *Geological Society Memoirs* (p. 31).
- Boggs, J. S. (2006). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. New Jersey: Pentice Hall.
- Brook, M. S., Hebblewhite, B. W., & Mitra, R. (2016). Cleat aperture-size distributions: a case study from the Late Permian Rangal Coal Measures, Bowen Basin, Australia. *Int. J. Coal Geol., Vol.168*, 186-192.
- Busse, J., De Dreuzy, J. R., Torres, S. G., Bringemeier, D., & Scheuerman, A. (2017). Image processing based characterisation of coal cleat networks. *Int.J.Coal Geol., Vol.169*, 1-22.
- Dawson, G. K., & Esterle, J. S. (2010). Controls on coal cleat spacing. *Int.J.Coal Geol., Vol.82, Issue 3-4*, 213-218.
- De Coster, G. L. (1974). The Geology of The Central and South Sumatera Basin, : Penetapan Kawasan Bentang Alam Karst, Peraturan Menteri ESDM No 17 Tahun 2012. *Proceeding Indonesia Petroleum Association, 3rd Ann. Conv. ESDM, (2012)*.
- Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. New York: Cambridge University Press.
- Jati, S. N., Sutriyono, E., & Dyah Hastuti, E. W. (2020). Coal properties and cleat attributes at Tanjung Enim Coalfield in South Palembang Sub-basin, South Sumatera. *2nd International Conference on Earth Science, Mineral and Energy AIP Conf. Proc. 2245*. AIP Publishing.
- Jeremic, M. L. (1985). *Strata mechanics in coal mining*. Balkema Rotterdam.
- Kuncoro, P. B. (2012). Cleat Pada Lapisan Batubara Dan Aplikasinya Di Dalam Industri Pertambangan. *Prosiding Simposium dan Seminar Geomekanika Ke-1*.
- Laubach, S. E., Marrett, R. A., Olson, I. E., & Scott, A. R. (1998). Characteristics and origins of coal cleat: a review. *Int.J.Coal Geol., Vol.35, Issue 1-4*, 175-207.

- Laubach, S. E., R. A. M., J. E. O., & A. R. S. (1998). Characteristics and origins of coal cleat. *International Journal of Coal Geology*.35, 175-207.
- Law, B. E. (1993). The relationship between coal rank and cleat spacing: implications for the prediction of permeability in coal. *in Proc. Int. Coalbed Methane Symp., Vol.2*, 435-442.
- Maulana, T., & Anggara, F. (2016). Hubungan Sistem Cleat dengan Permeabilitas Batubara Peringkat Rendah, pada Tambang Banko Barat, Muara Enim, Sumatera Selatan. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan* , (p. Vol 9).
- Mazumder, S., Sosrowidjojo, I., & Ficcaro, A. (2010). The Late Miocene Coalbed Methane system in the South Sumatra Basin of Indonesia. *in Proc. SPE Asia Pacific Oil & Gas Conf*, (p. Vol.2).
- Muchjidin. (2006). Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Noor, D. (2014). Pengantar Geologi. Deepublish.
- Paul, S., & Chatterjee, R. (2011). Mapping of cleats and fractures as an indicator of in-situ stress orientation, Jharia coalfield, India. *Int.J.Coal Geol., Vol.88, Issue. 2-3*, 113-122.
- PSDMBP. (2020). *Laporan Neraca Sumber Daya Batubara, Gambut, dan GMB*. Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan panas Bumi.
- Pulonggono, & Cameron. (1984). Sumatran Microplate. Their Characteristic and Their Rock in The Evolution of Central South Sumatra Basin. *Proceedings 13th Annual Convention Indonesian Petroleum Assosiation*. Jakarta.
- Rifky, M., Setiawan, B., & Jati, S. N. (2018). Geostatistic analysis on cleat aperture-size and spacing distributions: a case study on muaraenim coal formation, South Sumatra Basin. *Geostatistics for Environmental Applications*, 105.
- Rodrigues, C. F., Laiginhas, C., Fernandes, M., de Sousa, M. J., & Dinis, M. A. (2014). The coal cleat system: a new approach to its study. *J.Rock Mech. Geotech.Eng., Vol.6, Issue 3*, 208-218.
- Ryan, B. (2003). Cleat development in some British Columbia coals, New Ventures Branch. In *Geological Fieldwork 2002*. British Columbia Geological Survey.
- Sanusi, S., Kuswandi, A., Jufri, R. M., & Anggraini, K. S. (2014). Evaluation of Coalbed Methane Potential of Muara Enim Formation in the Muara Enim Area, South Sumatera. *In Proc. Sundaland Resources MGEI Annual Convention*, (pp. 467-483).
- Sapiie, B., Rifiyanto, A., & Perdana, L. A. (2014). Cleats analysis and CBM potential of the Barito Basin, South Kalimantan, Indonesia. *AAPG International Conference*.

- Sosrowidjojo, I., & Saghafi, A. (2009). Development of the first coal seam gas exploration program in Indonesia: Reservoir properties of the Muaraenim Formation, south Sumatra. *Journal of Coal Geology, Issue 79*, 145-156.
- Speight, J. G. (2005). *Handbook of Coal Analysis*. USA: A John Wiley & Sons.Inc Publication.
- Su, X., Feng, Y., Chen, J., & Pan, J. (2001). The characteristics and origins of cleat in coal from Western North China. *Int.J.Coal Geo.,l Vol.47*, 51-62.
- Sukandarrumidi. (2004). *Batubara dan Gambut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Widera, M. (2014). Lignite cleat studies from the first Middle-Polish (first Lusatian) lignite seam in central Poland. *Int. J. Coal Geol., Vol. 131*, Vol 131, 227-238.
- Widyatmanti , W. (2016). Identification of Topographic Elements Composition Based on Landform Boundaries From Radar Interferometry Segmentation (Preliminary Study on Digital Landform Mapping). *IOP Publishing 8th IGRSM International Conference and Exhibition on Remote Sensing & GIS*.