

BAB IV

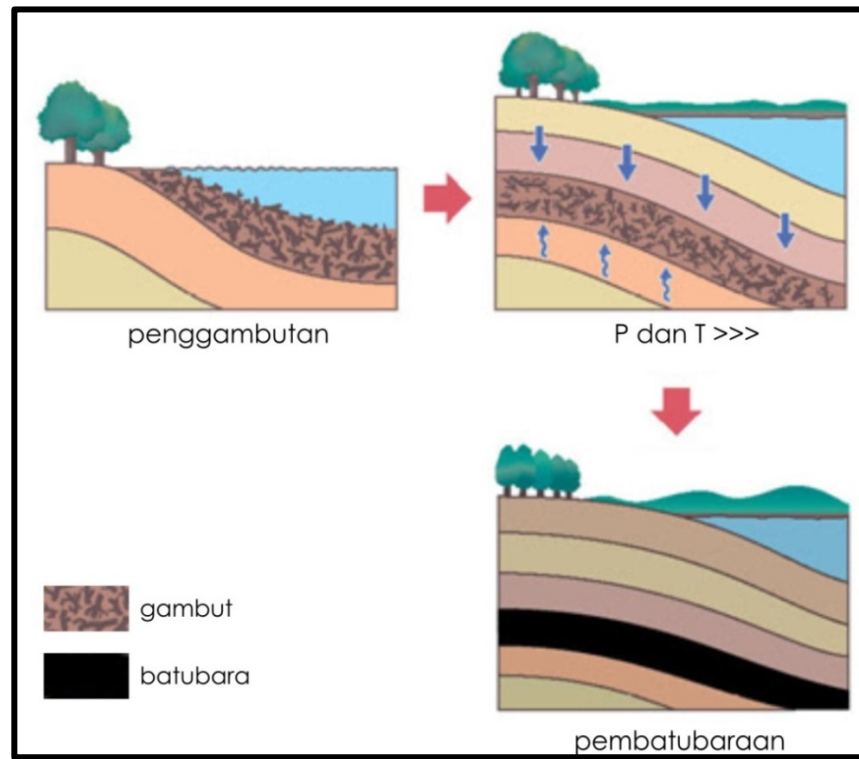
STUDI ANALISIS *CLEAT* BATUBARA

4.1 Teori Dasar

4.1.1 Batubara

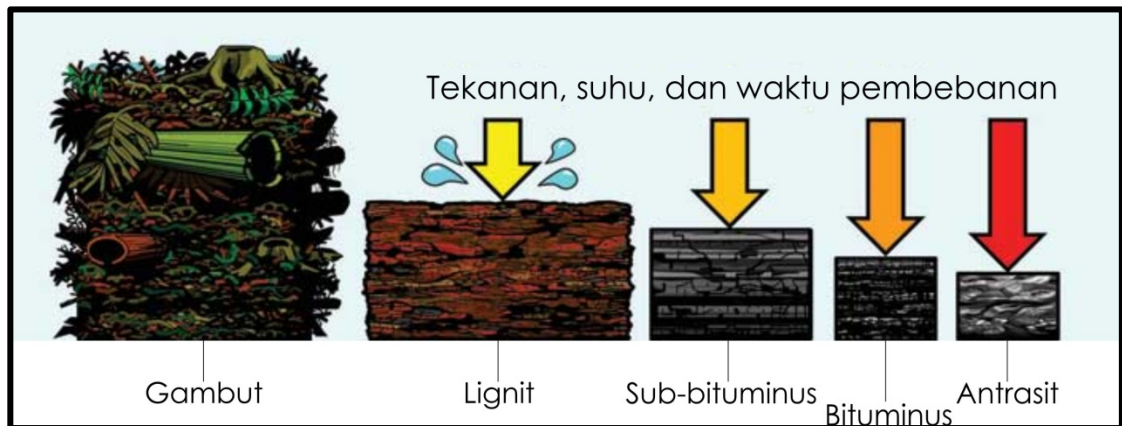
Batubara merupakan batuan sedimen yang berasal dari akumulasi tumbuhan dan material organik (50% berat dan 75% volum), berwarna coklat sampai hitam, terbentuk pada lingkungan reduksi, pengendapannya mengalami proses fisika dan kimia yang mengakibatkan pengayaan pada kandungan karbon.

Pembentukan batubara diawali dengan proses penggabutan (*peatification*) dari sisa-sisa tumbuhan berupa pepohonan, ganggang, lumut, dan lain-lain pada lingkungan reduksi (Gambar 4.1). Proses tersebut kemudian dilanjutkan dengan adanya proses pembatubaraan (*coalification*) secara biologi, fisika, dan kimia yang terjadi karena pengaruh beban sedimen yang menutupinya (*overburden*), temperatur, tekanan, dan waktu.



Gambar 4.1 Proses pembentukan batubara (modifikasi Anggayana, 2002)

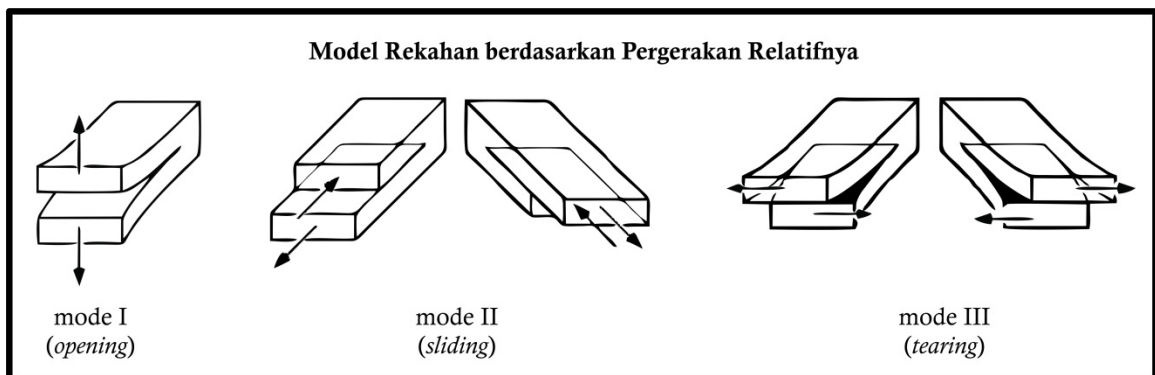
Faktor jenis tumbuhan yang berbeda-beda sesuai zaman geologi dan lokasi tempat tumbuh dan berkembangnya, ditambah dengan lokasi pengendapan (sedimentasi) tumbuhan, pengaruh tekanan batuan dan panas bumi, serta perubahan geologi yang berlangsung kemudian, akan menyebabkan terjadinya batubara dengan jenisnya bermacam-macam pula (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Jenis-jenis Batubara (Kentucky Geological Survey, University of Kentucky, 2012)

4.1.2 Rekahan

Rekahan merupakan permukaan yang memotong batuan atau mineral, yang menyebabkan batuan atau mineral tersebut kehilangan kohesi pada bidang tersebut (Twiss dan Moores, 1992). Rekahan ditentukan berdasarkan pergerakan relatifnya. Sistem *cleat* batubara termasuk ke dalam jenis rekahan ekstensional atau rekahan mode I, dimana pergerakan relatif rekahan cenderung tegak lurus terhadap bidang rekahan (Gambar 4.3).

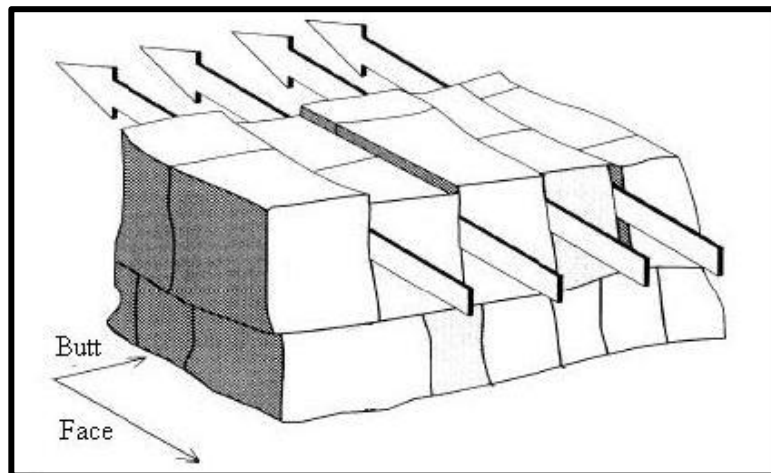


Gambar 4.3 Model rekahan berdasarkan pergerakan relatifnya. *Cleat* batubara termasuk ke dalam mode I (*opening mode/ ekstensional*) (modifikasi Lacazette, 2000)

4.1.3 *Cleat* Batubara

Dengan mempelajari sistem *cleat*, kita dapat mengetahui genesa yang terjadi dalam penentuan permeabilitas dan porositas dari suatu lapisan batubara. Sistem *cleat* ini nantinya berperan sebagai reservoir tempat mengalirnya fluida, yang akan membantu keberhasilan eksplorasi dan produksi gas metan dalam batubara (*coalbed methan*).

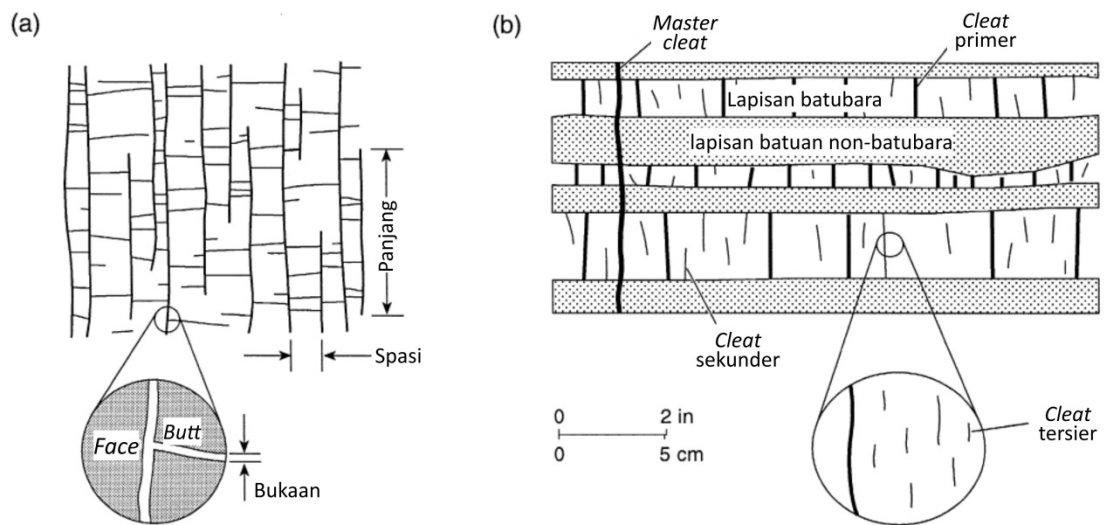
Cleat merupakan rekahan mode I (*opening mode*) yang terdapat dalam lapisan batubara, umumnya terdiri atas dua set yang bersifat saling tegak lurus serta tegak lurus terhadap bidang lapisan batubara itu sendiri, yaitu *face cleat* dan *butt cleat* (Laubach, dkk., 1998).



Gambar 4.4 Gambaran umum *face cleat* dan *butt cleat* dalam lapisan batubara (Scott, 1994)

4.1.3.1 Genesa *Cleat*

Face cleat merupakan satu rangkaian dalam sistem *cleat* primer, biasanya dominan dan tersusun atas bidang individu yang lurus yang dapat mencapai panjang beberapa meter. Selain itu, terdapat pula pola lain yang retaknya lebih pendek, melengkung, dan umumnya berakhir pada bidang *face cleat*, yang disebut *butt cleat* atau sebagai sistem *cleat* sekunder (Gambar 4.5). *Face cleat* umumnya memiliki arah yang sejajar dengan tegasan utama maksimum, sedangkan *butt cleat* berkaitan dengan sejarah pembentukan dan pengendapan lapisan batubara (Prasongko, 2007).



Gambar 4.5 Ilustrasi skematik geometri *cleat*. (a) Pola *cleat* dilihat dari permukaan. (b) Pola *cleat* dilihat dari penampang melintang lapisan batubara dan non-batubara (Laubach dkk., 1998)

Cleat juga memiliki klasifikasi genetik (Jeremic, 1986 dalam Prasongko, 2007), terbagi menjadi *cleat* endogenetik dan eksogenetik, serta *induced cleat*. *Cleat* endogenetik terbentuk pada saat pembatubaraan, di bawah kondisi tarikan oleh gaya internal akibat pengeringan atau pengurangan air (*dewatering*) dan penyusutan matriks batubara. Orientasi *cleat* endogenetik pada umumnya mencerminkan *paleo-cleat* dan hampir selalu tegak lurus perlapisan batubara. Sedangkan, *cleat* eksogenetik terbentuk setelah pembatubaraan, berhubungan dengan gaya eksternal yang berkaitan dengan struktur geologi setempat. *Induced cleat* sendiri merupakan *cleat* yang bersifat lokal akibat proses penambangan (adanya *blasting/* peledakan). Peledakan menyebabkan orientasi *cleat* menjadi tidak teratur dan bukaan *cleat* menjadi lebih besar.

Cleat juga dapat terbentuk akibat pengaruh dehidrasi, devolatisasi, mekanisme pengendapan, tipe maseral, *lithotype*, kualitas, dan tebal lapisan batubara, disamping pengaruh akibat tektonik regional, struktur geologi, dan aktivitas tambang (Laubach dkk., 1998).

4.1.3.2 Atribut *Cleat*

Data atribut *cleat* yang dapat diamati di lapangan antara lain, jenis *cleat*, orientasi bidang *cleat*, spasi, bukaan, dan panjang *cleat*. Dari data atribut *cleat* tersebut

akan kemudian akan dilakukan analisis terhadap orientasi, serta pola distribusi spasial bukaan dan spasi *cleat*.

- Orientasi *Cleat*

Pola orientasi *cleat* dapat digunakan untuk menentukan klasifikasi genetik dari *cleat*. Orientasi *cleat* lebih mudah dikenali dibanding rekahan di dalam batuan pada skala regional, sehingga dapat dibedakan keseragaman dan variasi jurus *cleat* (Laubach, 1998). Domain jurus seragam dari *cleat* juga memiliki batasan ukuran, dan zona transisi diantaranya, sehingga dapat mempengaruhi aliran fluida dalam suatu sistem *cleat* (Ting, 1977 dalam Laubach, 1998). Perubahan jurus *cleat* umumnya dapat ditemukan di daerah yang berasosiasi dengan struktur lipatan atau sesar. Keseragaman dan variasi *cleat* yang dekat dengan zona sesar dan lipatan merupakan respon dari tegasan utama struktur geologi pada daerah tersebut.

- Spasi *Cleat*

Spasi *cleat* merupakan jarak tegak lurus antar bidang *cleat*. Spasi *cleat* dapat menunjukkan beberapa hal yang mempengaruhi perkembangan batubara, diantaranya derajat, komposisi, dan ketebalan lapisan batubara. Spasi *cleat* diketahui memiliki hubungan erat dengan tipe batubara dan kandungan abunya (Spears dan Caswell, 1986; Tremain dkk., 1991; Law, 1993 dalam Laubach, 1998). *Bright coal lithotype (vitrain)* umumnya berspasi relatif dekat/ kecil dibandingkan dengan *dull coal lithotype (durain)* (Kendall dan Briggs, 1933; Stach dkk., 1982 dalam Laubach, 1998). Batubara dengan kandungan abu yang rendah umumnya memiliki spasi lebih kecil dibandingkan batubara dengan kandungan abu yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa proses geokimia seperti pengerutan (*shrinkage*) yang berhubungan dengan komposisi batubara merupakan jawaban dari perkembangan rekahan yang intens.

- Pola Spasial serta Distribusi Spasi dan Bukaan *Cleat*

Pola dan distribusi *cleat* dapat diketahui dengan mengplot lokasi pengukuran dan orientasi *cleat* pada peta daerah penelitian. Pengolahan data jurus dan kemiringan rekahan yang dilakukan untuk kemudian dikaitkan dengan struktur geologi, sehingga dapat diketahui hubungan antara *cleat* yang telah diukur terhadap struktur geologi yang terdapat di daerah penelitian.

4.2 Tinjauan Umum

Daerah penelitian berada di Cekungan Barito yang merupakan salah satu cekungan produktif penghasil sumberdaya energi fosil di Indonesia. Selain itu, Cekungan Barito juga diperkirakan memiliki potensi energi lain, yaitu berupa gas metan batubara (*coalbed methan*). Perkiraan jumlah sumber daya *CBM* di cekungan ini adalah mencapai 75 Tcf dengan area prospek seluas 15.000 km² (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Perkiraan sumberdaya *CBM* di Indonesia (Steven dan Sani, 2001)

Pulau	Cekungan	Area Prospek (km ²)	Sumberdaya <i>CBM</i> (Tcf)
Kalimantan	Barito	15.000	75
	Berau	2.000	10
	Kutai	10.000	50
	Tarakan Utara	6.500	20
	Pasir/ Asem-Asem	1.000	3
Sumatera	Sumatera Tengah	15.000	50
	Sumatera Selatan	20.000	120
	Bengkulu	3.000	5
	Ombilin	130	1
Jawa	Jatibarang	500	1
Sulawesi	Sengkang	1.000	2
Total		74.000	337

Hal tersebut menjadi salah satu alasan studi analisis *cleat* batubara menarik untuk dilakukan di daerah penelitian. Analisis *cleat* batubara ini dapat menjadi langkah awal untuk membantu keberhasilan eksplorasi dan produksi gas metan dalam batubara. Dengan analisis *cleat*, pada tahap lebih lanjut, akan diketahui genesa yang digunakan untuk penentuan permeabilitas dan porositas dari suatu lapisan batubara.

Batubara di Cekungan Barito dijumpai dalam Formasi Tanjung, Formasi Montalat, dan Formasi Warukin (Heryanto, 2010). Formasi Warukin merupakan formasi pembawa batubara terbesar dalam Cekungan Barito. Daerah penelitian yang termasuk pada daerah konsesi pertambangan PT. Adaro Indonesia. Berdasarkan laporan tahunan PT. Adaro tahun 1999, terdapat 13 lapisan batubara dalam satu daerah yang berbentuk lentikuler (cembung di kedua sisinya) dan memiliki ketebalan beragam akibat adanya penggabungan dan/atau pemisahan (*splitting*). Ketebalan lapisan batubara dapat

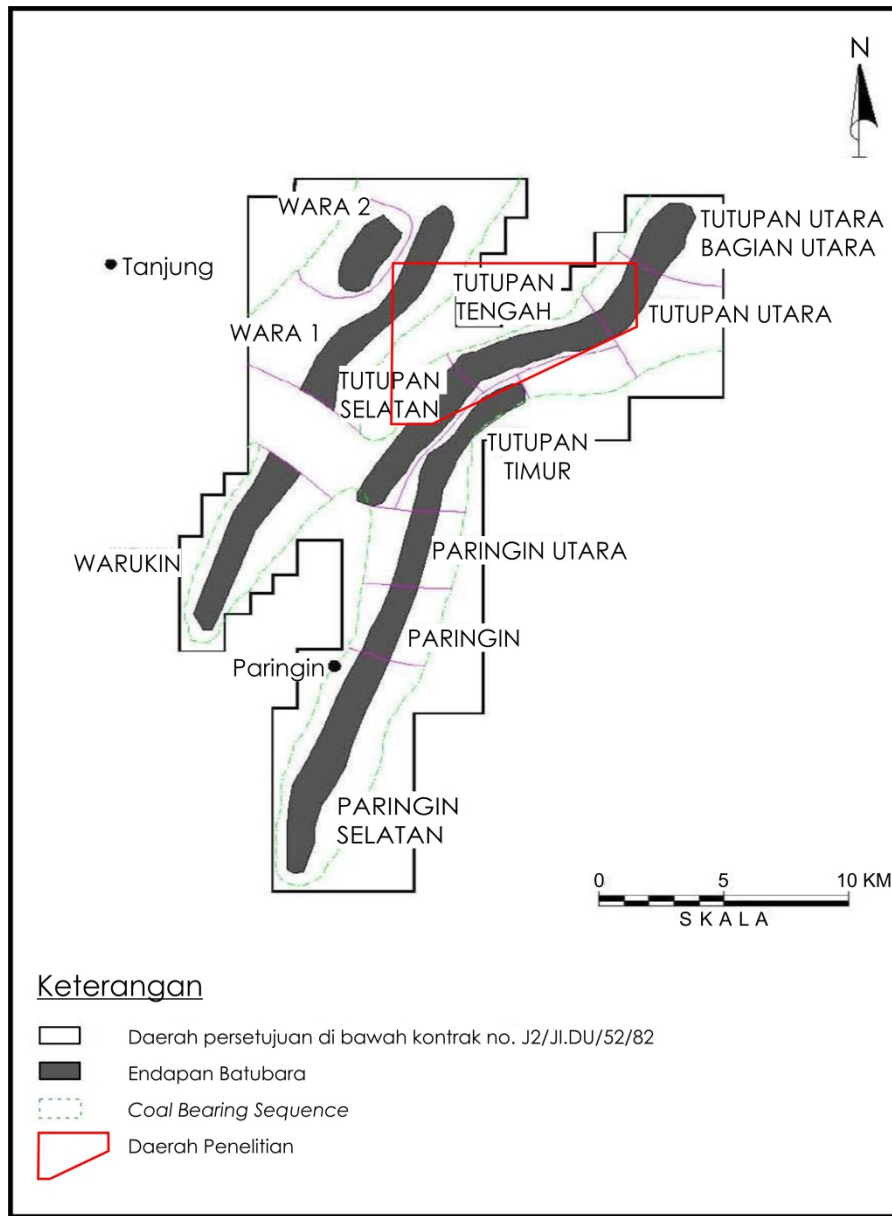
mencapai kurang lebih 60 meter. Daerah penambangan batubara dalam konsesi PT. Adaro Indonesia secara umum dapat dibagi menjadi tiga, yaitu Daerah Tutupan, Wara, dan Paringin (Gambar 4.6). Daerah penelitian hanya meliputi Daerah Tutupan dan Wara, dapat dilihat lebih detil persebaran batubaranya pada Lampiran A-7.

Daerah Tutupan terletak di punggung yang memanjang dari baratdaya ke timurlaut daerah penelitian, dibagi menjadi beberapa daerah berdasarkan posisi dan letak geografisnya, yaitu Tutupan Utara, Tutupan Tengah, dan Tutupan Selatan (Gambar 4.6). Secara umum, daerah ini memiliki 13 lapisan batubara yang dikelompokkan ke dalam tiga kelompok besar lapisan, yaitu T100, T200, dan T300. Batubara dengan tebal 60 meter terdapat pada lapisan T100 di bagian selatan pengendapan. Lapisan ini semakin tipis dan akhirnya hilang di bagian utara. Lapisan T220 merupakan lapisan batubara utama di daerah bagian utara dengan ketebalan mencapai 50 meter.

Batubara Daerah Tutupan memiliki kalori lebih tinggi dibandingkan batubara Daerah Wara, yaitu berkisar antara 4500-5500 kal/gr (saat diterima/ *as received*). Selain itu, batubara di daerah ini memiliki kandungan abu rendah (<3%) dan kelembaban rata-rata $\pm 40\%$.

Daerah Wara berada pada bagian barat laut daerah penelitian, terbagi menjadi dua daerah yang lebih kecil, yaitu Daerah Wara 1 dan Wara 2. Dalam penelitian ini, yang termasuk ke dalam daerah penelitian hanya Daerah Wara 1.

Terdapat tiga lapisan batubara utama pada Daerah Wara 1, yang kemudian terbagi menjadi 13 lapisan individu dengan ketebalan antara 3-35 meter. Lapisan batubara Wara juga berkadar abu rendah (<3%), dan kelembabannya mencapai $\pm 43\%$.



Gambar 4.6 Peta sebaran batubara pada Daerah Konsesi Pertambangan PT. Adaro Indonesia (Laporan Tahunan PT. Adaro Indonesia, 1999)

Menurut Ting (1977), frekuensi *cleat* batubara yang meningkat seiring meningkatnya derajat (*rank*) dan akan mencapai puncaknya pada derajat batubara *low volatile bituminous*. Pernyataan ini juga memiliki kesesuaian dengan diagram kematangan batubara yang menunjukkan bahwa gas metan termogenik pada batubara mencapai puncaknya pada saat peringkat batubara *medium volatile bituminous* (Gambar 4.7).

Batubara di daerah penelitian yang juga termasuk ke dalam kategori subbituminus hingga bituminus, merupakan percontaan yang baik untuk dilakukan analisis *cleat* batubara.

Coal rank		Vitrinite reflectance (random)	Volatile matter (wt.% drmmf) ¹	Bed moisture (wt.%)	Calorific value MJ/kg (moist,mmf)	Hydro-carbon generation	Principal uses	
Class	Group							
Anthracitic ²	Meta-anthracite	2.50	2			Dry Gas	Space heating Chemical production	
	Anthracite		8					
	Semianthracite		14					
Bituminous	Low volatile bituminous	1.51	22			Wet Gas	Metallurgical coke production Cement production Thermal electric power generation	
	Medium volatile bituminous		31					
	High volatile A bituminous		0.50-0.75					
	High volatile B bituminous							
	High volatile C bituminous							
	Subbituminous		Subbituminous A ³					0.50 ?
Subbituminous B		25						
Subbituminous C		22.1						
Lignitic	Lignite A	0.42				Early Gas	Thermal electric power generation Char production Space heating	
	Lignite B							35
	Peat							

Gambar 4.7 Klasifikasi batubara berdasarkan peringkat dan indikasi kematangan zat organik (ASTM, 1981, dalam Stach dkk., 1982)

4.3 Data

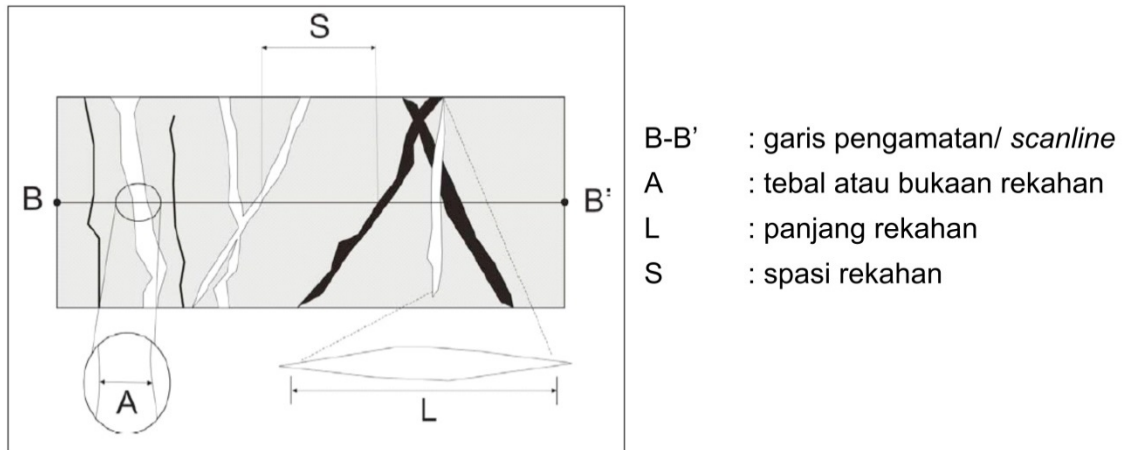
4.3.1 Tahap dan Metodologi Studi Analisis *Cleat*

Secara umum, tahap dan metodologi studi analisis *cleat* batubara di daerah penelitian dibagi ke dalam dua tahap, yaitu tahap pengambilan data *cleat* batubara serta tahap pengolahan dan analisis data (Gambar 4.7).

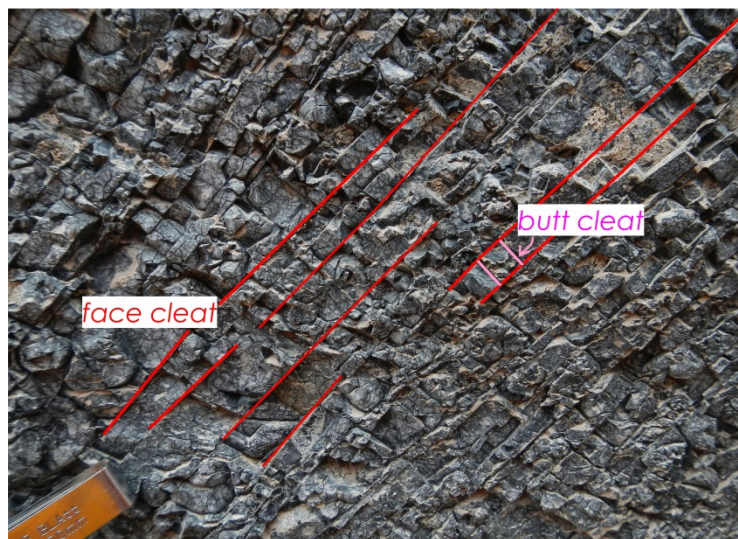
Penentuan lokasi pengambilan data *cleat* batubara merupakan hal pertama yang dilakukan dalam studi analisis *cleat* ini. Setelah ditentukan lokasi atau lapisan batubara yang akan diambil data *cleat*-nya, dilakukan pengamatan dan pengukuran singkapan batubara. Hal-hal yang perlu diukur dan dicatat dalam pengukuran singkapan batubara, antara lain, lokasi, nama stasiun, formasi, kedudukan lapisan batubara (jurus dan kemiringan), tebal lapisan batubara, arah *scanline* (*bearing/ azimuth*), dan panjang

scanline. Pengukuran data *cleat* batubara dilakukan setelah pengamatan dan pengukuran singkapan lapisan batubara dilakukan (Gambar 4.9).

Metode yang digunakan untuk melakukan pengukuran data *cleat* batubara di daerah penelitian adalah metode *scanline sampling* (Gambar 4.8). Dengan metode ini, pengukuran atribut *cleat* dilakukan sepanjang garis pengamatan (*scanline*), yang juga dibatasi ketinggian dari pengamat.



Gambar 4.8 Ilustrasi metode *scanline sampling* (Sapiie, 1998)



Gambar 4.9 Contoh *face cleat* (garis merah) dan *butt cleat* (garis merah muda) yang akan diukur di lapangan

Rekahan yang diobservasi dan diukur (Gambar 4.9) adalah seluruh rekahan yang berada memotong garis pengamatan. Salah satu ujung dari garis pengamatan menjadi

datum dalam pengukuran jarak rekahan. Hal-hal yang perlu diamati dan dicatat pada saat melakukan pengukuran rekahan ini, antara lain, jarak dari datum, kedudukan (jurus dan kemiringan), panjang, lebar bukaan, dan jenis *cleat*/ rekahan.



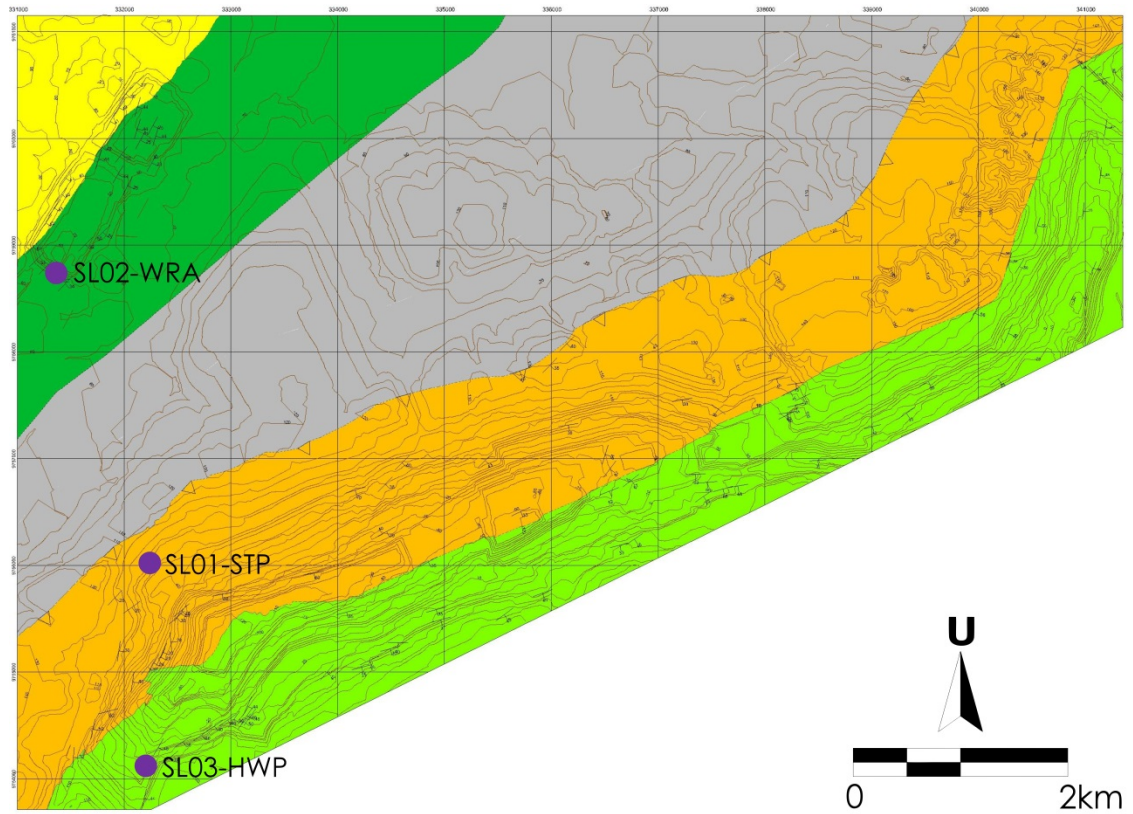
Gambar 4.10 Diagram alir studi analisis *cleat* batubara

Tahap yang dilakukan setelah tahap pengambilan data *cleat* adalah tahap pengolahan dan analisis data, berupa pemilahan data *cleat*, pengolahan data *cleat*, dan pembahasan hasil pengolahan data *cleat* (Gambar 4.10).








4.3.2 Lokasi Pengambilan Data *Cleat*

Pengambilan data *cleat* pada daerah penelitian dilakukan di tiga lokasi, yaitu Stasiun SL01-STP, SL02-WRA, dan SL03-HWP (Gambar 4.11). Masing-masing stasiun pengukuran mewakili satu satuan batuan pada daerah penelitian.

Stasiun SL01-STP mewakili Satuan Batulempung Pasiran (Gambar 4.12), Stasiun SL02-WRA mewakili Satuan Batulempung (Gambar 4.13), dan Stasiun SL03-HWP mewakili Satuan Batupasir-Batulempung (Gambar 4.14).



Keterangan :

- | | | | | | |
|---|--|---|--------------------|---|------------------------------|
|  | Garis kontur ketinggian |  | Satuan Timbunan |  | Satuan Batulempung Pasiran |
|  | Titik pengukuran <i>cleat</i> batubara |  | Satuan Batulempung |  | Satuan Batupasir-Batulempung |
| | |  | Satuan Batupasir | | |

Gambar 4.11 Titik pengamatan dan pengukuran *cleat* batubara di daerah penelitian



Gambar 4.12 Singkapan batubara Stasiun SL01-STP