

HUBUNGAN SEBARAN *CLEAT* DENGAN NILAI *PROXIMATE* BATUBARA PADA PERTAMBANGAN BATUBARA PT. BUKIT ASAM

CORELATION BETWEEN CLEAT DISTRIBUTION WITH COAL PROXIMATE VALUE ON COAL MINING IN PT. BUKIT ASAM

AY. Edwar¹, E. Ibrahim², S. Haryati³

¹⁻² Magister Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

³ Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya PalembangPrabumulih, Indralaya Utara, 30662, Sumatera Selatan

e-mail: *¹abeledwar1@gmail.com, *²eddyibrahim838@yahoo.com, *³haryati_djoni@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pertambangan batubara merupakan salah satu dari sekian banyak jenis pertambangan di Indonesia. Secara geologi, keterbentukan batubara di Indonesia sendiri dapat dibedakan menjadi tiga cekungan, yaitu intramontana, cekungan daratan-muka (*foreland basin*, *back deep basin*), dan cekungan delta. Batubara yang terendapkan memberikan kenampakan geologi. Salah satu kenampakan tersebut adalah cleat pada batubara. *Cleat* pada batubara merupakan rengkahan yang ada pada batubara. Terdapat dua jenis *cleat* pada batubara, yaitu *face cleat* dan *butt cleat*, namun pada penelitian ini akan lebih memfokuskan penelitian pada *face cleat*. Penelitian terdahulu mengenai *cleat* pada umumnya lebih mengarah pada pengaruhnya terhadap keterbentukan CBM, namun belum ada yang membahas mengenai hubungan keterdapatan *cleat* terhadap nilai *proximate* batubara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh dari persebaran *cleat* batubara terhadap nilai dari *proximate* batubara. Nilai *proximate* yang diperoleh akan dibandingkan dengan nilai dari *cleat* yang diteliti. Nilai *cleat* yang diteliti adalah banyak *cleat* yang terbentuk, densitas *cleat*, serta arah persebaran *cleat*. Pengumpulan data *cleat* tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *windows sampling*, sedangkan metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif, yaitu pengumpulan data berbentuk angka. Sampel yang diuji berasal dari wilayah penambangan bukit asam, diantaranya TSBC, suban timur, dan bangko barat. Hasil dari penelitian menunjukkan terdapat hubungan antara nilai *fixed carbon* dari batubara dengan total arah sebaran dari *cleat*, sedangkan untuk banyaknya *cleat* yang terbentuk pada permukaan batubara, cenderung searah dengan pergerakan dari *total moisture*, *volatile meter*, dan *ash content*.

Kata kunci : Face Cleat, Windows Sampling, Proximate

ABSTRACT

Coal mining is one kind of Indonesian mining. In the term of geology, Indonesian coal formation basin can be split in to three part, intramontane, foreland basin/ back deep basin, and deltaic basin. Coal deposition give us geological appearance, one of them is known as cleat. Cleat meaning as fragment in the coal. There are two kind of cleat, face cleat and butt cleat, but in this research, we will focus only at face cleat. Previous research has explained about cleat, but most of them only focusing in Coal Bad Methane (CBM), and not much of them research about relationship between cleat and coal proximate value. Focusing of this research is for knowing about effect of cleat in coal proximate value. Proximate values will be compared with the values of the cleats studied. The values of the cleats studied were many cleats formed, the density of the cleats, and the direction of cleat distribution. Cleat data collecting using windows sampling method, then research method used by the writer here is a qualitative method, which is data collecting form numbers. The samples tested come from Bukit Asam mining area, among them TSBC, Eastern Suban, and West Bangko. Results of research has been shown, there is a relationship between the fixed carbon value of coal with the total direction of distribution of cleats, while for the number of cleats formed on the coal surface, tends to be in the direction of the movement of total moisture, volatile meters, and ash content.

Keywords : Face Cleat, Windows Sampling, Proximate

PENDAHULUAN

Pertambangan batubara merupakan aset penting bagi negara dan merupakan salah satu komoditas hasil tambang yang menjadi sumber devisa bagi negara.

Formasi sedimen penyebaran endapan batubara di Indonesia berumur tersier dengan penyebaran secara luas di sebagian besar kepulauan Indonesia. Terdapat 3 jenis cekungan batubara yang terdapat di Indonesia dengan dua periode pembentukan (paleogen dan neogen). Cekungan tersebut adalah cekungan intramontana, cekungan daratan-muka (*foreland basin*, *back deep basin*), dan cekungan delta.

Keterbentukan batubara menghasilkan kenampakan geologi dalam lapisan batubara. Kenampakan geologi yang terjadi pada lapisan tersebut diantaranya adalah *plies*, *band*, *partings*, *splits*, *washout* dan *roof rolls*, serta *cleat* [1].

Cleat atau secara harfiah dapat diartikan sebagai rengkahan yang terbentuk pada permukaan batubara [2]. Penggunaan istilah *cleat* mulai digunakan secara bersama dalam dunia pertambangan dan geologist pada tahun 1925. Secara umum, *cleat* terbentuk akibat dari proses penyusutan batubara selama proses pembatubaraan, adanya pelepasan terhadap *stress* dan terdapatnya regangan ekstensional [3]. *Cleat* terdapat hampir pada seluruh batubara, dimulai lignit, sampai antrasit [4].

Keterbentukan *cleat* yang hampir terdapat pada semua jenis batubara membuat para peneliti terdahulu sudah mulai membahas tentang *cleat* yang terdapat pada batubara. *Cleat* yang terbentuk pada batubara tersebut dapat berupa, frekwensi *cleat* (total *cleat* yang terbentuk), bukaan, ukuran, orientasi *cleat* (arah yang terbentuk pada *cleat*), konektivitas dan porositas [5].

Cleat dipelajari karena terdapatnya hubungan rengkahan tersebut dengan kehadiran mineral pirit, eksplorasi dan eksploitasi CBM (*coal bed methane*), aktivitas penambangan, kualitas batubara, penumpukan serta pemasaran batubara [6].

Penelitian terdahulu mengenai *cleat* lebih banyak difokuskan mengenai keterdapatannya CBM pada batubara [7]. Hal ini disebabkan *cleat* merupakan salah satu aspek yang mengontrol nilai dari permeabilitas batubara [8]. Pada penelitian lain, *cleat* dihubungkan untuk menunjukkan keefektifan *cleat* dalam meningkatkan produksi gas metan yang terdapat dalam batubara [9].

Penelitian terdahulu belum membahas mengenai pengaruh dari *cleat* terhadap nilai dari *proximate* batubara. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan kajian ada tidaknya korelasi antara *cleat* dengan faktor-faktor dalam penentuan kualitas batubara

(*Proximate* Batubara). Nilai dari *proximate* itu sendiri terdiri dari *total moisture*, *fixed carbon*, *volatile matter*, dan *ash content*.

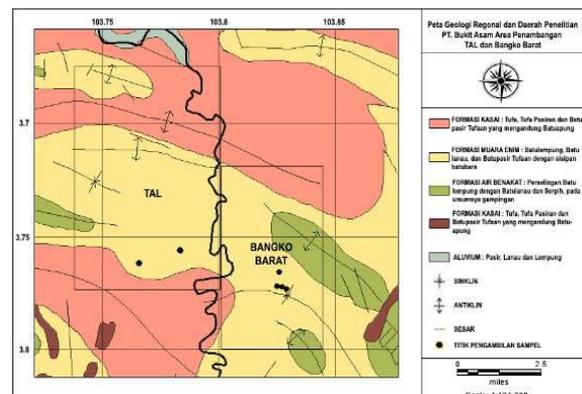
METODE PENELITIAN

Penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang digunakan dengan cara membandingkan beberapa variabel untuk memperoleh data yang diteliti. Variabel yang dibandingkan bertujuan untuk menilai apakah keterbentukan *cleat* memiliki hubungan dengan *proximate* batubara. Analisis data dilakukan terhadap dua data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang di ambil langsung diantaranya adalah densitas *cleat*, banyak *cleat* yang terbentuk serta intensitas dari sebaran *cleat*.

Data sekunder yang digunakan untuk penelitian adalah data *proximate* batubara yang terdiri dari nilai total *moisture*, *fixed carbon*, *volatile matter* dan *ash content* dengan standar ASTM D 3172.

Metode yang digunakan untuk melakukan pengukuran *cleat* adalah metode *windows sampling*. Metode ini dilakukan dengan cara pembuatan 4 titik (berbentuk persegi) seukuran 1 x 1 m sebagai batasan sampel yang akan diambil atribut *cleat*. Keunggulan dari metode ini adalah lebih mudah diterapkan pada permukaan batubara yang tegak lurus atau pada *front* penambangan.

Penelitian akan dilakukan pada tiga *front* penambangan yang berada pada wilayah izin usaha pertambangan PT. Bukit Asam. *Front* penambangan tersebut diantaranya adalah TSBC, Suban Timur, dan Bangko Barat. Alasan perbedaan pengambilan wilayah penelitian adalah dikarenakan adanya pengaruh geologi yang berbeda pada daerah yang akan diteliti, dimana pada daerah Suban Timur dan TSBC terdapat intrusi magma, sedangkan pada wilayah Bangko Barat terdapat pengaruh geologi berupa sinklin. Lokasi penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Data yang diperoleh kemudian diolah kembali untuk mendapatkan data densitas *cleat*. Perhitungan densitas *cleat* dicari dengan menggunakan rumus pada Pers. (1).

$$\text{Intensitas Cleat} \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}^2} \right) = \frac{\text{Jumlah panjang cleat (mm)}}{\text{Luas Wilayah Pengukuran}} \quad (1)$$

Peralatan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah palu geologi, meteran gulung, gps, jangka sorong digital, dan kompas geologi.

Analisis statistik digunakan untuk menganalisis data yang telah dikumpulkan. Analisis statistik yang digunakan adalah korelasi parsial dan menggunakan uji T hitung terhadap data yang diperoleh. Penggunaan metode korelasi parsial bertujuan untuk mengetahui hubungan yang terdapat antara sebaran *cleat* dan proximate batubara. Sedangkan uji T hitung digunakan untuk melakukan pembuktian terhadap hasil dari nilai yang dihasilkan oleh korelasi parsial. Rumus yang digunakan untuk analisis korelasi parsial menggunakan Pers.(2) sebagai berikut [10] :

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} \quad (2)$$

Dimana, masing masing dari simbol di atas mempresentasikan sebagai berikut :

- r_{xy} = korelasi antara variabel x dan y
- x_i = nilai yang mempengaruhi
- y_i = nilai yang dipengaruhi

Hasil nilai dari R akan disesuaikan dengan koefisien korelasi sehingga akan diketahui sejauh mana hubungan yang terbentuk. Berdasarkan penelitian sebelumnya tabel koefisien korelasi tersebut dipresentasikan sebagai berikut [10]:

Tabel 1. Interpretasi koefisien korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.00 – 0.199	Sangat Rendah
0.20 – 0.399	Rendah
0.40 – 0.599	Sedang
0.60 – 0.799	Kuat
0.80 – 1.000	Sangat Kuat

Setelah diperoleh koefisien korelasi, maka juga dibutuhkan pengujian t hitung terhadap hubungan yang terbentuk antara sebaran *cleat* dengan nilai proximate batubara dengan menggunakan Pers.(3).

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (3)$$

Dimana

- t = nilai t hitung
- r = nilai korelasi
- n = jumlah variabel

Pengujian t hitung memiliki kriteria sebagai berikut :

- Jika r hitung > r tabel maka H1 diterima dan H0 ditolak
- Jika r hitung < r tabel maka H0 diterima dan H1 ditolak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan tiga lokasi ini dikarenakan perbedaan jenis batubara yang dimiliki pada masing-masing *front* penambangan. Berdasarkan ASTM D 388, maka batubara tersebut memiliki kelas *sub-bituminous B* untuk bangko barat, *high volatile C bituminous* untuk *front* penambangan *TSBC* dan *high volatile B bituminous* untuk *front* penambangan Suban Timur.

Pengukuran yang dilakukan dilapangan menghasilkan beberapa data primer yaitu data densitas *cleat* batubara, banyak *cleat* yang terbentuk dan intensitas dari sebaran *cleat*.

Banyak *cleat* yang terbentuk dapat didefinisikan sebagai banyaknya rengkahan *cleat* yang terbentuk. Banyak *cleat* tidak memiliki satuan karena merupakan akumulasi dari *cleat* yang akan diukur dengan menggunakan metode *windows sampling*. *Cleat* tersebut dapat berupa *face cleat* dan *butt cleat*. Umumnya, *face cleat* (rengkahan utama) terbentuk lebih dahulu daripada *butt cleat* (rengkahan sekunder) [11].

Arah sebaran *cleat* dapat diartikan sebagai banyaknya derajat *cleat* yang terbentuk pada batubara. Masing masing *cleat* pada batubara memiliki arah tertentu akibat adanya aktivitas geologi. Arah dari persebaran *cleat* diukur menggunakan kompas geologi dengan satuan derajat. *Cleat* yang terdapat pada permukaan batubara dapat dilihat pada Gambar 2.



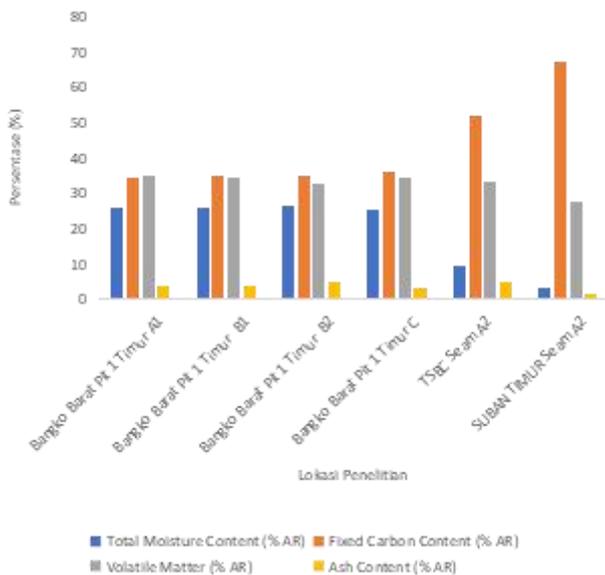
Gambar 2. *Cleat* pada permukaan batubara.

Data skunder yang digunakan adalah data proximate batubara. Data sekunder di persentasikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Proximate batubara PT. Bukit Asam

Coal	Proximate Coal Analisis			
	Total Moisture Content (AR)	Fixed Carbon Content (AR)	Volatile Matter (AR)	Ash Content (AR)
Suban Timur	3.5	67.46	27.53	1.51
TSBC	9.44	52.49	33.22	4.84
BANGKO BARAT				
A1	26.14	34.53	35.43	3.9
B1	26.25	35.15	34.55	4.05
B2	26.92	35.05	33.07	4.96
C	25.32	36.58	34.47	3.63

Data dalam bentuk tabel kemudian dikonversi menjadi data grafik (Gambar 3).

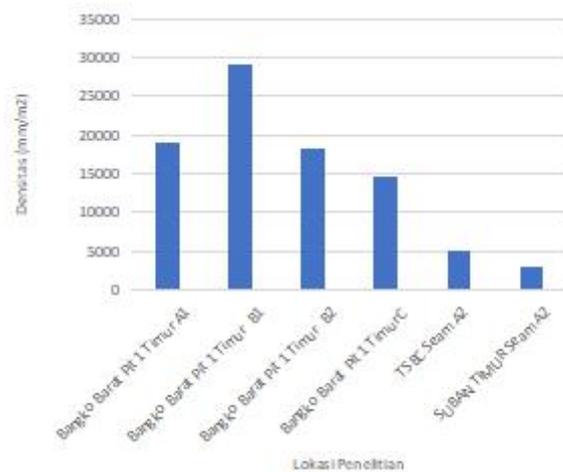


Gambar 3. Grafik proximate batubara

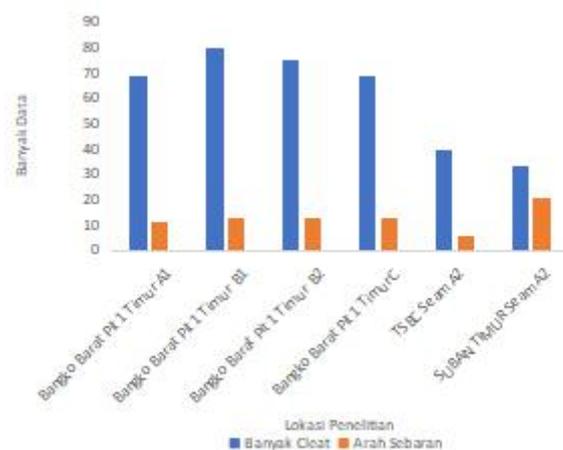
Gambar 3 menunjukkan dengan jelas terdapat perbedaan nilai proximate antara masing masing daerah penelitian. Data cleat yang diperoleh dari lokasi penelitian kemudian dikumpulkan lalu kembali diolah sehingga diperoleh data densitas cleat, banyak cleat, dan arah sebaran cleat.

Masing-masing data ada yang memiliki satuan ada pula yang tidak memiliki satuan. Seperti densitas cleat batubara memiliki satuan mm/m², proximate yang berupa persentase, intensitas arah dari sebaran cleat memiliki satuan derajat dan banyak cleat yang terbentuk tidak memiliki satuan. Banyak cleat yang terbentuk tidak memiliki satuan disebabkan poin ini merupakan akumulasi dari cleat-cleat yang terbentuk pada batubara.

Setelah dilakukan pengambilan sampel dengan metode windows sampling maka diperoleh data densitas cleat, banyak cleat serta arah sebaran cleat. Data sampling yang telah dilakukan dipaparkan pada Gambar 4.



(A)



(B)

Gambar 4. Grafik atribut cleat berupa (A) densitas cleat, (B) banyak cleat dan arah sebaran

Setelah diperoleh data sebaran cleat dan nilai proximate maka selanjutnya dilakukan analisis menggunakan korelasi parsial. Analisis ini berfungsi untuk mengetahui sejauh mana hubungan yang terbentuk antara sebaran cleat dan nilai proximate batubara. Hasil dari

perhitungan korelasi parsial antara sebaran *cleat* dan nilai proximate disajikan pada Table 3.

Tabel 3. Nilai korelasi parsial antara sebaran *cleat* dengan nilai proximate batubara

Sebaran Cleat	Nilai Korelasi			
	Total Moisture Content (% AR)	Fixed Carbon Content t (% AR)	Volatile Matter (% AR)	Ash Content t (% AR)
Densitas	0.8717	-0.845	0.687	0.4134
Banyak	0.9784	-0.948	0.7463	0.5159
Arah Sebaran	0.2597	0.4245	-0.711	-0.848

Selain analisis parsial, juga dilakukan uji t hitung untuk menguatkan hubungan yang terbentuk. Nilai dari uji t hitung yang digunakan adalah tingkat keyakinan 95%. Nilai koefisien t tabel adalah 2.776/-2.776 (hubungan dua arah) dengan tingkat keyakinan 95%. Hasil perhitungan uji t hitung disajikan pada Tabel 4 :

Tabel 4. Nilai t hitung antara sebaran *cleat* dengan nilai proximate

Sebaran Cleat	Nilai t Hitung			
	Total Moisture Content (% AR)	Fixed Carbon Content (% AR)	Volatile Matter (% AR)	Ash Content (% AR)
Densitas	3.5582	-3.161	1.8908	0.908
Banyak	3.4607	-5.96	2.2422	1.2045
Arah Sebaran	0.5379	0.9378	-2.025	-3.201

Setelah dilakukan pengujian antara hubungan yang ada maka diketahui jika terdapat hubungan antara arah sebaran *cleat* dan ash content. Analisis korelasi parsial menunjukkan hubungan antara arah sebaran *cleat* dan ash content adalah -0.848. Nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan sangat kuat antara arah sebaran *cleat* dan ash content. Nilai tersebut bernilai negatif sehingga hubungan yang terbentuk merupakan hubungan yang berlawanan arah, dimana jika nilai arah sebaran *cleat* semakin banyak, maka nilai dari ash content semakin sedikit, begitupun sebaliknya.

Sedangkan untuk nilai t hitung sendiri nilainya lebih besar daripada t tabel, dimana nilai tersebut menunjukkan nilai t hitung sebesar -3.201 bernilai lebih

besar daripada t tabel sebesar -2.776 hal ini menunjukkan hubungan yang tersebut dapat diterima.

Selanjutnya, juga diketahui bahwa terdapat hubungan sangat kuat antara densitas dan banyak *cleat* dengan nilai total moisture content dan fixed carbon content. Nilai korelasi parsial yang diperoleh setelah dilakukan perhitungan seperti pada tabel 3 adalah sebesar 0.8717 untuk densitas *cleat* dengan total moisture content, 0.9784 antara banyak *cleat* dan total moisture, -0.845 untuk densitas *cleat* dengan fixed carbon content, -0.948 untuk banyak *cleat* dengan fixed carbon content. Nilai-nilai yang diperoleh untuk hubungan tersebut adalah sangat kuat. Setelah diketahui nilai parsial, maka selanjutnya dilakukan uji t hitung untuk meningkatkan keyakinan terhadap hubungan tersebut.

Hasil uji T terhadap densitas dan banyak *cleat* terhadap total moisture content dan fixed carbon content. Diketahui bahwa nilai yang lebih besar daripada t tabel adalah 3.5582, 3.4607 untuk total moisture content dengan densitas dan banyak *cleat*. Hubungan lain yang bisa diterima adalah fixed carbon content dengan densitas dan banyak *cleat* dengan nilai t hitung adalah -3.161 dan -5.96.

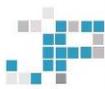
Berbeda dengan arah sebaran *cleat*, banyaknya total moisture menunjukkan hubungan searah dengan banyaknya *cleat* yang terbentuk. Hal ini dikarenakan jika semakin banyak *cleat* yang terbentuk, maka akan semakin banyak batubara tersebut menyimpan air. Seperti penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menyebutkan bahwa akan terdapat air didalam retakan yang terdapat di batubara [12].

Fixed carbon memiliki hubungan dengan banyak *cleat* yang terbentuk. Hal ini disebabkan jika makin sedikit *cleat* yang terbentuk, maka akan sedikit pula air yang akan disimpan di dalam batubara. Hal ini sesuai dengan uji parsial yang dilakukan dimana hubungan yang terjadi bersifat negatif atau bertentangan.

KESIMPULAN

Terdapat beberapa hubungan yang terbentuk antara sebaran *cleat* batubara terhadap nilai proximate batubara. Hubungan yang terbentuk setelah dilakukan analisis korelasi adalah antara ash content dengan arah sebaran *cleat* serta hubungan antara total moisture content dan fixed carbon content dengan densitas dan banyak *cleat*.

Hubungan yang terbentuk antara ash content dan arah sebaran *cleat* saling berlawanan, begitupun hubungan yang terbentuk antara fixed carbon content dengan densitas dan banyak *cleat* juga memiliki hubungan saling berlawanan. Hubungan saling berlawanan ini menyebabkan jika salah satu faktor bernilai tinggi maka faktor lainnya akan bernilai rendah, begitupula sebaliknya. Hubungan lain yang terbentuk adalah antara



total *moisture content* dengan densitas dan banyak *cleat* memiliki hubungan searah dimana makin banyak salah satu faktor, maka faktor lainnya juga meningkat.

Sebagai saran kedepannya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hubungan antara arah sebaran *cleat* dengan *ash content* yang terdapat pada daerah penelitian. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kenapa bisa terdapat perbedaan nilai arah sebaran *cleat* yang cenderung menurun dibandingkan pada wilayah TSBC dan meningkat pada wilayah penambangan suban timur padahal memiliki faktor geologi yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ucapkan terutama kepada keluarga penulis, dan ucapan terima kasih kepada ketua prodi magister Teknik pertambangan Dr. Ir. Restu Juniah, MT yang telah memberi dukungan moril dalam menyelesaikan penelitian ini. Tak lupa juga kepada seluruh rekan yang selalu mendukung dalam penyelesaian penelitian ini, penulis ucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Larry, T.(2013).*Coal Geology*. India : Wiley-Blackwell Publication.
- [2] Permana, AP., Panggabean, H.(2011). Cleat Characteristics in Tertiary Coal of The Muaraenim Formation, Bangko Area, South Sumatera Basin: Implications For Coalbed Gas Potential.*Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 1(5).
- [3] Brook, MS., Hebblewhite, BW., Mitra, R. (2016). Cleat aperture-size distributions: A case study from the Late Permian Rangal Coal Measures, Bowen Basin, Australia. *International Journal of Coal Geology*, 168(2), 186-192.
- [4] Rodrigues, CF., Laiginhas, C., Fernandes, M., Sousa, MJL., Dinis, MAP. (2014). The coal cleat system: A new approach to its study.*Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 6(3), 208-218.
- [5] Busse, J., Dreuzy, JR., Torres, SG., Bringemeier, D., Scheuermann, A.(2016). Image Processing Based Characterisation of Coal Cleat Networks. *International Journal of Coal Geology, Elsevier*, 169, 1-21.
- [6] Krestanu, A., Iqbal, M., Fernando, RE., Herawati., Puadi, M.(2016). Karakteristik Cleat Batubara Terhadap Intensitas Struktur pada Desa Merapi Timur, Kabupaten Lahat di Formasi Muara Enim, Cekungan Sumatera Selatan. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan*, 9.
- [7] Prsongko, BK.(2012). Cleat pada Lapisan Batubara dan Aplikasinya di dalam Industri Pertambangan. *Prosiding Simposium dan Seminar Geomekanika*, 1.
- [8] 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*, 9.
- [9] Nazaralizadeh, S., Rasouli, V.(2011). Stress Induced Permeability Changes due to Production from a Coal Seam, *Asia Pacific Coalbed Methane Symposium*, 3(45).
- [10] Sunarsi, D.(2016). Hubungan Pengendalian Diri dengan Prestasi Belajar (Studi Kasus Pada Mahasiswa Semester I, Kelas 510 dan 511, Tahun Akademik 2015/2016, Program Studi Manajemen, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan). *Jurnal Ilmiah Prodi Manajemen Universitas Pamulang*, 3(2).
- [11] Mostagimi, P., Armstrong, RT., Gerami, A., Hu, Y., Jing, Yu., Kamali, F., Liu, M., Liu, Z., Lu, Xiao., Ramandi, HL., Zamani, A., Zhang, Y.(2017). Cleat-scale Characterisation of coal: An Overview. *Journal of Natural Gas Science and Engineering, Elsevier*, 39, 143-160.
- [12] Teng, T., Feng, G., Yang, J., Yi, X.(2017). How moisture loss affects coal porosity and permeability during gas recovery in wet reservoirs?. *International Journal of Mining Science and Technology*, 27(6), 899-906.