

INTERPRETASI PEMETAAN STRUKTUR KELURUSAN DARI DATA LANDSAT 8 SEBAGAI INDIKASI POTENSI SUMBERDAYA CBM

INTERPRETATION OF LINEAMENT MAPPING FROM LANDSAT 8 AS AN INDICATION OF CBM POTENTIAL

Kgs M R. Ramadhan^{1*}, E. Ibrahim², A. Suherman³

¹⁻³Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

¹PT. Petro Rekavisi Sinergi, New Gantry System

Jl. Ki Merogan No. 1927 Kec. Kertapati Kota Palembang Sumatera Selatan, Indonesia

e-mail: *¹rustandiramadhan@gmail.com ²eddyibrahim838@yahoo.com ³adgsuherman@gmail.com

ABSTRAK

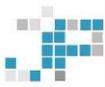
Coal Bed Methane atau disingkat menjadi CBM merupakan gas yang terbentuk dan terperangkap di dalam lapisan batubara. CBM memiliki potensi ekonomi yang bagus karena dapat dikonversikan menjadi energi listrik atau disalurkan melalui pipa untuk pemanfaatan lainnya. Indonesia diperkirakan memiliki cadangan CBM sebesar 453 TCF sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi dalam negeri. Sumatera Selatan adalah salah satu provinsi dengan cadangan batubara terbesar di Indonesia sehingga mengindikasikan bahwa potensi sumberdaya CBM juga melimpah. Tujuan penelitian ini adalah menentukan indikator pada area yang berpotensi mengandung sumberdaya CBM berdasarkan struktur kelurusan dengan melakukan interpretasi dari data citra Satelit Landsat-8 dan memprediksi area yang berpotensi mengandung sumberdaya gas CBM di wilayah penelitian. Penelitian dilakukan dengan cara survei lapangan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan. Hasil penelitian potensi CBM dengan melihat pada indikator kelurusan geologi menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki potensi CBM. Hal ini terlihat dari terdapatnya wilayah dengan densitas kelurusan yang tinggi dengan nilai sebesar $2,711/\text{km}^2 - 5,121/\text{km}^2$ yang artinya memiliki permeabilitas tinggi yang berkembang dengan baik. Permeabilitas yang baik akan meningkatkan jumlah gas CBM yang terperangkap karena terdapatnya ruang yang dapat diisi oleh gas CBM.

Kata kunci: CBM, Pemetaan, Kelurusan, Landsat-8 OLI/TIRS

ABSTRACT

Coal Bed Methane or CBM is a gas formed and trapped in coal seams. CBM has good economic potential because it can be converted into electrical energy or channeled through pipes for other uses. Indonesia was estimated to have a CBM reserve of 453 TCF, so that it can meet domestic energy needs. South Sumatra is one of the regions that have the largest coal reserves in Indonesia, so indicating that the CBM resource potential is also abundant. The purpose of this research was to determine an indicator in area that have potential of CBM resource based on lineament by interpreting Imagery Data from Landsat 8 and predict areas that have CBM resources potential in research area. The research was conducted by a field survey to collect the data. The results of CBM potential study by looking at the geological lineaments indicator that show the study area has CBM potential. This can be seen from the presence of areas with high lineament density as $2,711/\text{km}^2 - 5,121/\text{km}^2$, which means that they have high permeability that was well developed. Good permeability quality will increase the amount of trapped CBM because there is space that can be filled by CBM resources.

Keywords : CBM, Mapping, Lineament, Landsat-8 OLI/TIRS



PENDAHULUAN

Coal Bed Methane (CBM) adalah gas alam yang terbentuk selama proses pematuration dan disimpan pada lapisan batubara dalam keadaan teradsorpsi pada permukaan internal matriks batubara. CBM mengandung 90 % gas metana dan 10 % gas lainnya seperti karbon dioksida dan nitrogen [1]. Pembentukan CBM berasal dari proses biogenik, proses termogenik, maupun gabungan dua proses tersebut. Proses biogenik adalah proses pembentukan CBM yang dihasilkan oleh pemecahan material organik batubara dari aktivitas mikroorganisme pada suhu yang rendah (kurang dari 56°C) dan terbentuk sejak awal proses pembentukan batubara. Proses Termogenik adalah proses pembentukan gas yang dihasilkan dari bahan organik batubara oleh degradasi kimia dan peregangan thermal atau panas di atas temperatur 100°C dimana aktivitas metanogenik mikroba menjadi biokimia tidak terjadi dan terbentuk dalam proses pematuration pada batubara peringkat lebih tinggi [2,3]. Proses pembentukan CBM berhubungan dengan peringkat batubara, air, dan proses pematuration, serta kemampuan batubara untuk menyimpan gas metana yang tergantung pada berbagai faktor; salah satunya adalah permeabilitas batubara [4]. Permeabilitas pada lapisan batubara memiliki peranan penting dalam pengembangan gas CBM karena berfungsi sebagai tempat penyimpanan gas CBM dan sebagai jalan alamiah bagi gas agar bisa mengalir melewati celah pada pori-pori lapisan batubara sehingga gas mudah diproduksi melalui sumur produksi [5,6].

Keberadaan sumberdaya CBM sama seperti batubara sehingga kegiatan eksplorasi CBM dilakukan pada cekungan sedimen yang mengandung lapisan batubara. Metode eksplorasi tradisional dalam melakukan kegiatan eksplorasi CBM seperti Seismik dan Sumur Log adalah metode yang umum digunakan untuk mencari lokasi dengan potensi sumberdaya CBM. Kelemahan pemakaian metode eksplorasi tersebut adalah metode ini terbilang mahal dan sulit diaplikasikan pada *remote area* dimana kondisi topografinya yang kompleks dan luasnya wilayah pada suatu cekungan sedimen yang akan diselidiki [7]. Pada penelitian terdahulu yang dilakukan Chengye, dkk (2014) memanfaatkan data Citra Hyperion dari Satelit EO-1 untuk menentukan fitur penyerapan hidrokarbon di permukaan tanah yang terkontaminasi oleh rembesan mikro gas CBM [8]. Hasil studi menunjukkan jika nilai fitur penyerapan ini dapat dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan proses ekstraksi struktur kelurusan menggunakan Citra Hyperion untuk menentukan area yang permeabel sulit dilakukan. Hal ini karena resolusi citra yang rendah, serta sulit untuk menjadikan fitur penyerapan hidrokarbon pada

permukaan yang terkontaminasi oleh rembesan gas CBM sebagai indikator. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan indikator pada area yang berpotensi mengandung sumberdaya CBM berdasarkan struktur kelurusan dengan melakukan interpretasi dari data citra Satelit Landsat-8 dan memprediksi area yang berpotensi mengandung sumberdaya gas CBM di wilayah penelitian.

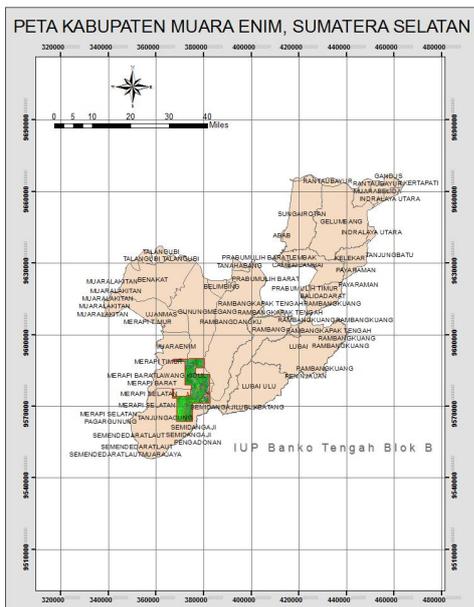
Struktur kelurusan merupakan refleksi bidang ketidakmenerusan pada batuan seperti rekahan dan sesar [6]. Struktur ini mengontrol permeabilitas batubara sehingga berkaitan dengan kerapatan atau densitas rekahan pada batubara [4,9]. Wilayah endapan lapisan batubara yang memiliki nilai kerapatan struktur kelurusan yang tinggi merupakan area yang menjadi target utama dalam eksplorasi gas CBM dimana area tersebut memiliki sistem rekahan yang berkembang baik sehingga memungkinkan memiliki nilai permeabilitas batuan yang baik sehingga gas CBM dapat mengisi ruang kosong pada rekahan tersebut serta dapat mengalir dengan baik [6]. Oleh karena itu, wilayah tersebut lebih cocok untuk dijadikan target lokasi pengembangan gas CBM. Area dengan permeabilitas yang tinggi disebut sebagai *Sweetspot Area*. *Sweetspot Area* merupakan zona yang permeabel [1,9,10]. Struktur rekahan pada lapisan batubara disebut sebagai *cleats* dimana *cleats* dapat terbentuk saat dan setelah proses pematuration sebagai akibat dari proses eksternal, yaitu proses tektonik [5]. *Cleats* yang terbentuk dari proses tektonik memiliki hubungan terhadap struktur rekahan yang direfleksikan menjadi struktur kelurusan pada data citra. Orientasi struktur rekahan dikontrol oleh sistem gaya tekan tektonik yang hadir selama proses pembentukannya, sedangkan *cleats* dan rekahan pasca proses pematuration mungkin dihubungkan terhadap pembentukan *cleat* di atas struktur lipatan dan patahan. Orientasi *cleats* dan patahan pada lapisan batubara cenderung diselaraskan dengan struktur kelurusan atau *lineaments* [4].

Kegiatan interpretasi struktur geologi yang berkembang pada suatu daerah dapat dilakukan menggunakan citra dari satelit Landsat-8. Struktur geologi, terutama struktur kelurusan akan membantu memusatkan fokus area yang akan dilakukan kegiatan eksplorasi CBM. Penggunaan metode ini dapat mendeteksi wilayah dengan permeabilitas yang tinggi dengan melakukan interpretasi *linier feature* pada citra penginderaan jarak jauh [11]. Kelurusan merupakan fitur lurus atau lengkung yang dikontrol secara struktural dan diidentifikasi dari citra satelit dengan deretan relatif liniernya [10]. Kelurusan dapat diamati dan diinterpretasi melalui citra satelit. Kelurusan hasil interpretasi dari citra merupakan manifestasi keberadaan struktur geologi dan dapat diproses lebih

lanjut menjadi kerapatan kelurusan. Informasi kerapatan kelurusan menggunakan data Landsat-8 akan digunakan sebagai indikator penting untuk menentukan area yang berpotensi mengandung sumberdaya CBM. Dengan menggunakan indikator struktur kelurusan dan kerapatan struktur kelurusan, maka dapat ditentukan area-area potensial di wilayah penelitian untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut. Wilayah penelitian dilakukan di WIUP Banko Tengah Blok B PT. Bukit Asam, Tbk dimana wilayah penelitian ini berada di Cekungan Sumatera Selatan dengan endapan lapisan batubara jenis batubara sub-bituminus dan nilai kalori sebesar 5.648 – 6.008 kal/gr (adb). Tingkat kualitas batubara sangat mempengaruhi keberadaan gas CBM yang ada di suatu endapan lapisan batubara.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di WIUP Banko Tengah Blok B wilayah kerja PT. Bukit Asam, Tbk dimana lokasinya berada di Kecamatan Tanjung Agung dan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan (Gambar 1).

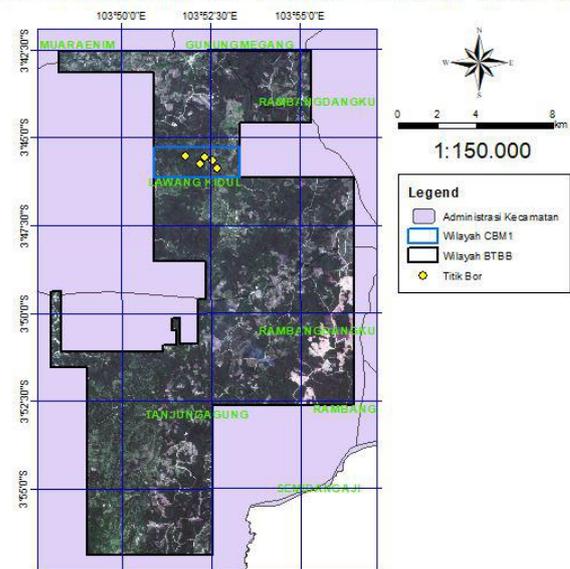


Gambar 1. Lokasi penelitian wilayah Banko Tengah Blok B

Lokasi penelitian terletak pada koordinat $103^{\circ}13'00''\text{BT} - 103^{\circ}36'10''\text{BT}$ dan $3^{\circ}49'30''\text{LS} - 4^{\circ}11'30''\text{LS}$ (Gambar 1). Lokasi ini dapat dicapai melalui jalur darat dengan jarak ± 200 km dari Kota Palembang melewati Kabupaten Ogan Ilir dan Kota Prabumulih.

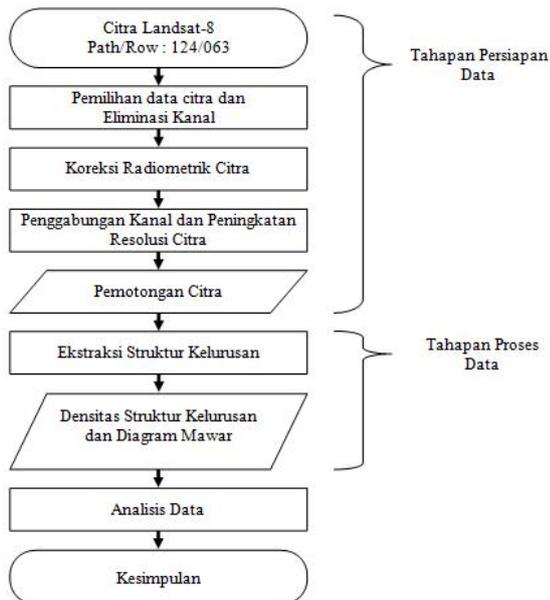
Wilayah penelitian dibagi menjadi dua wilayah, yaitu Wilayah IUP Banko Tengah Blok B dan Wilayah CBM1. Wilayah CBM1 merupakan wilayah yang digunakan untuk menentukan indikator yang tepat berdasarkan struktur kelurusan dan melakukan validasi hasil struktur kelurusan tersebut terhadap data bor sehingga diperoleh indikator yang tepat untuk menentukan area yang berpotensi mengandung sumberdaya CBM. Wilayah IUP Banko Tengah Blok B merupakan wilayah yang akan digunakan untuk menentukan sweetspot area berdasarkan indikator yang telah ditentukan. Wilayah CBM1 ditentukan berdasarkan lokasi kegiatan pengeboran lubang bor untuk eksplorasi CBM yang sudah dilakukan oleh PT. Bukit Asam, Tbk dan Dart Energy. Wilayah CBM1 berlokasi di Wilayah IUP Banko Tengah Blok B seperti ditunjukkan pada Peta Wilayah IUP Banko Tengah Blok B (Gambar 2). Pada wilayah ini terdapat 5 titik lubang bor.

PETA WILAYAH IUP BANKO TENGAH BLOK B



Gambar 2. Wilayah CBM1 pada peta wilayah IUP Banko Tengah Blok B

Data yang digunakan dalam penelitian berupa data primer, yaitu Citra Landsat-8 pada posisi *path* 124 dan *row* 63 dan log bor geologi. Data sekunder yang dibutuhkan yaitu data titik koordinat pengeboran, data kualitas batubara, dan peta topografi. Proses pengolahan data citra dibagi menjadi 2 tahap, yaitu Tahap Persiapan Data dan Tahap Proses Data. Tahap Persiapan Data dan Tahap Proses Data dibantu menggunakan aplikasi ENVI 5.2, ArcGIS 10.3, dan Geomatica 2015, dan Rockworks 16.



Gambar 3. Alur proses pengolahan Data Citra

Hasil ekstraksi struktur kelurusan di wilayah penelitian akan diproses menjadi densitas struktur kelurusan untuk membagi wilayah penelitian menjadi beberapa zona sesuai dengan nilai densitas struktur kelurusan. Zona dengan nilai densitas yang tinggi dipilih untuk dilakukan analisis terhadap data pengeboran dan kualitas batubara di wilayah penelitian. Hasil ekstraksi struktur kelurusan diolah kembali untuk menentukan arah tegasan utama di wilayah penelitian dimana direpresentasikan menjadi diagram mawar.

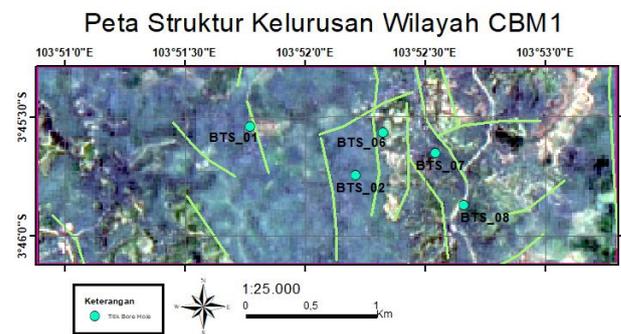
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memperkirakan area yang berpotensi mengandung sumberdaya CBM di Wilayah Banko Tengah Blok B berdasarkan struktur kelurusan geologi. Data citra landsat yang telah diperoleh dapat diproses dengan beberapa tahapan sehingga dapat diindikasikan area yang memiliki potensi sumberdaya CBM. Tahapan pengolahan Citra Satelit Landsat-8 yang dilakukan adalah tahapan persiapan data yang terdiri dari proses koreksi radiometrik citra, proses penggabungan kanal dan peningkatan resolusi citra, proses pemotongan citra, dan proses peningkatan kualitas citra dan tahapan proses pengolahan data citra yang terdiri dari proses ekstraksi kelurusan, proses densitas kelurusan citra, dan ekstraksi diagram mawar.

Ekstraksi Struktur Kelurusan

Proses ekstraksi struktur kelurusan dilakukan di Wilayah CBM1 dan Wilayah Banko Tengah Blok B.

Hasil proses ekstraksi struktur kelurusan di Wilayah CBM1 ditunjukkan pada Gambar 4 dimana struktur kelurusan terlihat pada bagian Barat dan Timur dengan kontras warna yang berbeda, yaitu warna yang cenderung hijau keputihan. Hasil proses ekstraksi struktur kelurusan di Wilayah Banko Tengah Blok B ditampilkan pada Gambar 5 dimana terlihat bahwa struktur kelurusan tersebar hampir di semua wilayah penelitian. Tersebaranya struktur kelurusan di wilayah penelitian dipengaruhi oleh aktivitas lempeng tektonik, yaitu Lempeng Indo – Australia dan Lempeng Eurasia yang bergerak saling bertumbukan satu sama lain sehingga menyebabkan struktur batuan yang ada disekitarnya mengalami deformasi. Deformasi yang terjadi mempengaruhi hasil ekstraksi struktur kelurusan yang ada di wilayah ini.



Gambar 4. Peta kelurusan wilayah CBM1

Orientasi Struktur Kelurusan

Orientasi struktur kelurusan di Wilayah CBM1 dan Wilayah Banko Tengah Blok B ditampilkan pada Diagram Mawar yang diproses menggunakan Rockworks16 dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 6. Diagram mawar tersebut menunjukkan struktur kelurusan pada wilayah penelitian memiliki orientasi dominan Utara – Selatan dan Timur Laut – Barat Daya, serta sebagian kecil memiliki orientasi Timur – Barat. Hal ini menunjukkan jika arah orientasi struktur kelurusan yang terbentuk sejajar dengan arah tegasan Lempeng Samudera Hindia-Australia yang bergerak relatif ke arah Utara dimana kemungkinan mempengaruhi struktur geologi pada wilayah penelitian di Wilayah Banko Tengah Blok B.

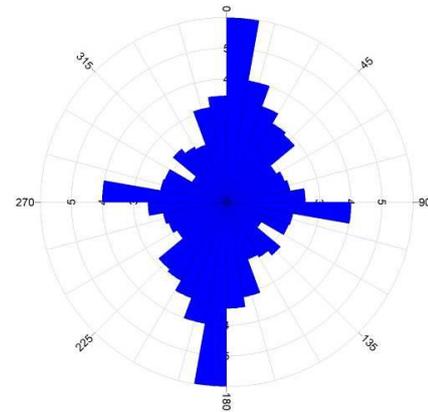
Densitas Struktur Kelurusan

Hasil ekstraksi struktur kelurusan di Wilayah Banko Tengah Blok B akan diproses lebih lanjut menjadi Peta Densitas Struktur Kelurusan yang dibagi menjadi 5 zona. Zona-zona tersebut ditandai dengan warna yang berbeda, yaitu warna Merah, Oranye, Kuning, Hijau

Muda, dan Hijau Tua. Zona Merah menunjukkan area dengan nilai densitas struktur kelurusan sebesar $2,711/\text{km}^2 - 5,121/\text{km}^2$, Zona Oranye sebesar $1,908/\text{km}^2 - 2,711/\text{km}^2$, Zona Kuning sebesar $1,225/\text{km}^2 - 1,908/\text{km}^2$, Zona Hijau Muda sebesar $0,462/\text{km}^2 - 1,225/\text{km}^2$, dan Zona Hijau Tua sebesar $0 - 0,462/\text{km}^2$.

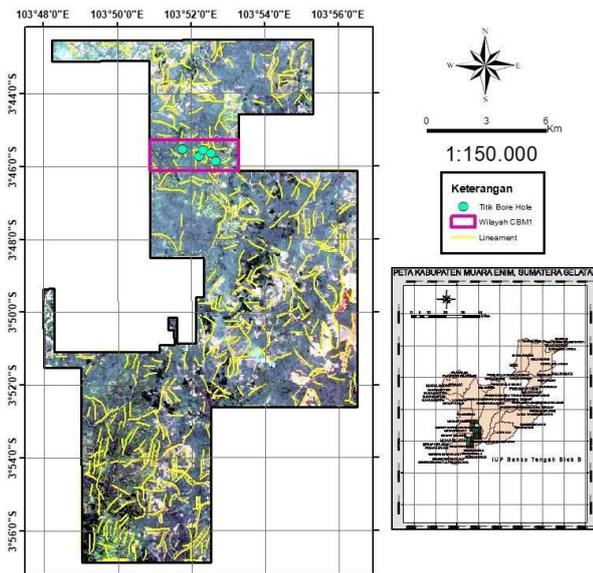
Zona Merah merepresentasikan zona dengan struktur kelurusan yang sangat rapat dan berkembang baik. Hal ini mempengaruhi terbentuknya *cleats* di lapisan batubara sehingga zona tersebut memiliki permeabilitas yang tinggi karena berbanding lurus [6]. Permeabilitas yang tinggi pada lapisan batubara akan memberikan keuntungan dalam proses ekstraksi gas CBM pada saat dilakukan pengeboran sumur produksi gas CBM. Gas CBM dapat mengalir dengan baik sehingga laju produksi akan lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan batubara yang memiliki permeabilitas yang rendah. Oleh karena itu, lapisan batubara dengan permeabilitas yang baik akan menjadi wilayah target produksi gas CBM.

hingga menembus lapisan batubara pada Sub Anggota M2, yaitu Lapisan Mangus (Mangus A1 dan Mangus A2), Lapisan Suban (Suban B1 dan B2), dan Lapisan Petai.



Gambar 6. Diagram mawar orientasi struktur kelurusan wilayah Banko Tengah Blok B

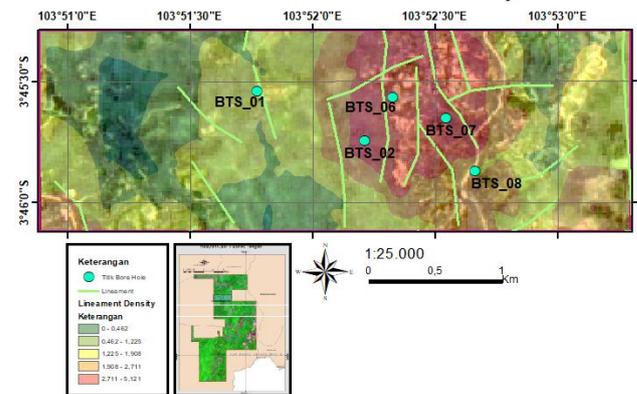
Peta Struktur Kelurusan Wilayah Banko Tengah Blok B



Gambar 5. Peta kelurusan wilayah Banko Tengah Blok B

Hasil proses densitas struktur kelurusan di Wilayah CBM1 ditunjukkan pada Gambar 7. Pada Peta Densitas Struktur Kelurusan Wilayah CBM1 terdapat 5 (lima) titik bor. 3 (tiga) titik bor berada tepat di Zona Merah, 1(satu) titik bor berada di Zona Oranye, dan 1 (satu) titik bor berada di Zona Kuning. Pemboran dilakukan

Peta Densitas Struktur Kelurusan Wilayah CBM1



Gambar 7. Densitas struktur kelurusan di wilayah CBM1

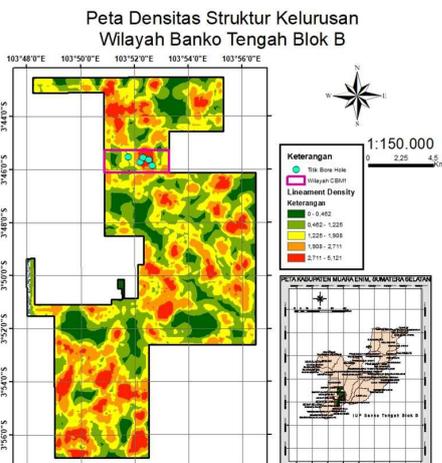
Berdasarkan hasil data bor, nilai *Gas Content* yang diperoleh pada masing-masing titik bor sebesar BTS_01 sebesar $2,85 \text{ cm}^3/\text{gr}$, BTS_02 sebesar $2,97 \text{ cm}^3/\text{gr}$, BTS_06 sebesar $4,14 \text{ cm}^3/\text{gr}$, BTS_07 sebesar $3,97 \text{ cm}^3/\text{gr}$, dan BTS_08 sebesar $3,53 \text{ cm}^3/\text{gr}$. Nilai *Gas Content* tertinggi terdapat pada titik bor BTS_02, BTS_06, dan BTS_07 yang berada pada Zona Merah. Sedangkan, hasil Pengujian Proksimat Batubara dari data bor yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam, Tbk ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian proksimat batubara

Bore Hole ID	Koordinat		PROXIMATE				
	x	y	TM (% ar)	IM (% adb)	VM (% adb)	FC (% adb)	A (% adb)
BTS_01	373.726,99	9.584.430,76	33,82	15,81	41,30	40,42	2,47
BTS_02	374.542,63	9.584.053,97	33,05	16,27	40,65	39,20	3,89
BTS_06	374.753,06	9.584.381,73	32,70	16,08	40,33	39,79	3,80
BTS_07	375.159,51	9.584.221,25	33,49	16,29	40,55	40,05	3,11
BTS_08	375.378,93	9.584.817,53	32,75	15,59	40,67	39,68	4,07

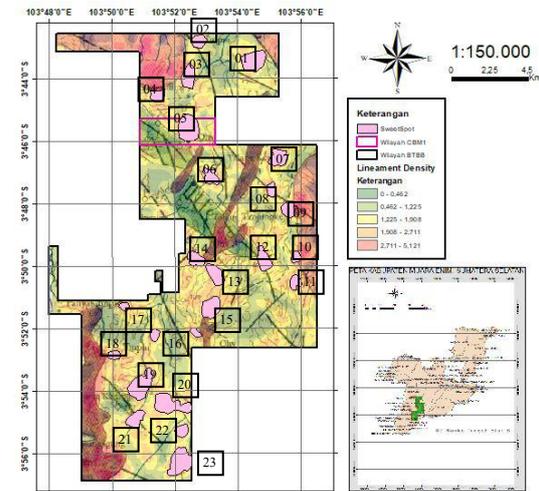
Tabel 1 menunjukkan nilai hasil uji proksimat batubara berdasarkan lokasi titik pengeboran. Nilai kadar lengas total (TM) tertinggi berada pada titik BTS_01 sebesar 33,82% dan kadar kadar lengas total terendah berada pada titik BTS_06 sebesar 32,70%. Kadar lengas tertambat (IM) tertinggi berada pada titik BTS_07 sebesar 16,29% dan kadar lengas tertambat terendah berada pada titik BTS_08 sebesar 15,59%. Kadar zat terbang (VM) tertinggi berada pada titik BTS_01 sebesar 41,30% dan kadar zat terbang terendah berada pada titik BTS_06 sebesar 40,33%. Kadar karbon tertambat (FC) tertinggi berada pada titik BTS_01 dan kadar karbon tertambat terendah berada pada titik BTS_02. Kadar abu (A) tertinggi berada pada titik BTS_08 dan kadar abu terendah berada pada titik BTS_01. Berdasarkan data hasil uji proksimat menunjukkan bahwa peringkat batubara dilokasi penelitian adalah subbituminous.

Proses densitas struktur kelurusan dilakukan di Wilayah Banko Tengah Blok B dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Densitas struktur kelurusan di wilayah Banko Tengah Blok B

Zona Merah di Wilayah Banko Tengah Blok B tersebar hampir pada semua wilayah dengan jumlah sebanyak 23 zona. Hasil deliniasi Zona Merah ditunjukkan pada Gambar 9. 23 zona tersebut merepresentasikan *Sweetspot Area* di wilayah penelitian. Luas setiap zona ditunjukkan pada Tabel 2 dengan total luas keseluruhan zona sebesar 17,54 km² atau sebesar 7,71% dari total luas Wilayah Banko Tengah Blok B.

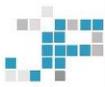


Gambar 9. Zona merah di wilayah Banko Tengah Blok B

Luas setiap zona ditunjukkan pada Tabel 2 dan total luas keseluruhan zona sebesar 17,54 km² atau sebesar 7,71% dari total luas Wilayah Banko Tengah Blok B.

Tabel 2. Luas zona merah di wilayah Banko Tengah Blok B

No Area	Luas Area (km ²)
1	1,375
2	0,522
4	0,500
5	1,600
6	0,654
7	0,862
8	0,376
9	0,601
10	0,305
12	0,819
13	0,838
14	0,665
15	1,102
16	0,542
17	0,227
18	0,318
19	1,640
20	1,672
21	0,733
22	0,454
23	1,645



KESIMPULAN

Penyelidikan awal adanya potensi sumberdaya gas CBM dapat dilihat pada indikator struktur kelurusan geologi yang menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki potensi CBM. Hal ini terlihat dari hasil proses ekstraksi struktur kelurusan wilayah penelitian yang memiliki densitas struktur kelurusan yang tinggi dengan nilai sebesar $2,711/\text{km}^2 - 5,121/\text{km}^2$ dimana wilayah tersebut memiliki permeabilitas tinggi yang berkembang dengan baik. Wilayah penelitian memiliki 23 zona dengan nilai densitas yang tinggi dan luas keseluruhan zona tersebut sebesar $17,54 \text{ km}^2$ atau 7,71% dari total luas Wilayah Banko Tengah Blok B. Permeabilitas yang baik akan meningkatkan jumlah ekstraksi gas CBM melalui sumur pemboran produksi gas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak manajemen PT Bukit Asam (Persero) Tbk atas kesempatan yang sudah diberikan kepada penulis untuk melakukan survei penelitian pada lokasi izin usaha pertambangan batubara wilayah Banko Tengah Blok B PT Bukit Asam (Persero) Tbk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djohor, DS., dan Pramudito, H. (2017). Karakteristik Batubara Formasi Warukin Dalam Pembentukan Cbm Di Wilayah Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lemlit*, 2 (1): 14-26 .
- [2] Moore, TA. (2012). Coalbed Methane: A Review. *International Journal of Coal Geology* 101: 36-81.
- [3] Hamdani, AH., Sudrajat, A., Sukiyah, E. (2014). The Identification of CBM Sweet Spot Area of Sajau Coal in Berau Basin based on Remote Sensing, *International Journal of Science and Research*, 3(2), 338-341.
- [4] Thakur, P., Schatzel, S., and Aminian, K. (2014). *Coal Bed Methane, From Prospect to Pipeline*. Elsevier : USA.
- [5] Maulana, T. dan Anggara, F. (2016). Hubungan Sistem Cleat Dengan Permeabilitas Batubara Peringkat Rendah, Pada Tambang Banko Barat, Muara Enim, Sumatera Selatan. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-9 Peran Penelitian Ilmu Kebumihan Dalam Pemberdayaan Masyarakat 6 - 7 Oktober 2016; Grha Sabha Pramana*.
- [6] Suprianto, A., Prasetyono, D., Hardianto, A.S., Labib, M.A., Efendi, S., Hidayat, K., Triyono, J.A., dan Ahmad, A.A. (2017). Identifikasi Hubungan Kelurusan dan Lorong Gua Karst di Kecamatan Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang. *Prosiding: Seminar Nasional Geotik 2017. Hal. 20-30. ISSN: 2580-8796*.
- [7] Murasingh, S. and Jha, R. (2013). Identification of Groundwater Potential Zones Using Remote Sensing and GIS in A Mine Area of Odisha. Makalah disajikan dalam National Conference on Recent Approaches To Water Resource Management, Dhanbad, India: Indian School of Mines.
- [8] Chengye, Z., Qiming, Q., Li, C., Nan, W., Yanbing, B., Shanshan, Z., (2014). Hyperspectral Remote Sensing for Coal-Bed Methane Exploration. *Conference: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 2014*.
- [9] Pratiwi, R., Nugroho, H., Widiarso, D. A., Lesmana, R., (2013). Pengaruh Struktur Dan Tektonik Dalam Prediksi Potensi Coalbed Methane Seam Pangadang-A, Di Lapangan "Dipa", Cekungan Sumatera Selatan, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. *Geological Engineering E-Journal*, 5 (2): 417-433.
- [10] Guibao, M. Y. F. F. X. Z. B., (2008). Remote Sensing Application in Higher Permeability Area Prediction of Coal Bed Methane. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*. Vol XXXVII. Part B8.
- [11] Ibrahim, MA. dan Widhiyatna, D. (2017). Karakteristik Rekahan Batubara pada Eksplorasi Gas Metana Batubara di Cekungan Ombilin, Provinsi Sumatera Barat. *Buletin Sumberdaya Geologi Volume 12 No 2, Hal 39-53*.