

STUDI POTENSI SUMBERDAYA GAS METANA BATUBARA BERDASARKAN PEMETAAN KELURUSAN YANG DIEKSTRAK DARI DATA INDERAJA IMEJ LANDSAT-8. STUDI KASUS DI BANKO TENGAH BLOK B BUKIT ASAM, TBK

A.Suherman^{1*}, R.Ramadhan², Bochori¹, E.Ibrahim¹

^{1*} Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya.

² Program Studi Magister Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya.

* Corresponding author: adgsuherman@gmail.com

ABSTRAK: Kebutuhan energi di Indonesia setiap tahun terus meningkat, diperkirakan mencapai 314 MTOE pada tahun 2025 yang bersumber dari energi fosil. Indonesia kaya akan banyak sumberdaya alam termasuk batubara. Cadangan potensial batubara di Indonesia adalah 124,6 miliar ton. Hal tersebut sesuai dengan potensi sumberdaya Gas Metana Batubara (GMB) sebesar 453 TCF di Indonesia. Sayangnya, sedikit sekali dari sumberdaya GMB tersebut dikembangkan. Perkembangan sumber GMB di Indonesia menghadapi banyak kendala teknis yang perlu diteliti lebih lanjut termasuk teknik eksplorasi. Teknik eksplorasi biasanya melibatkan area yang luas sehingga memakan waktu dan biaya tinggi. Teknologi penginderaan jauh (inderaja) menawarkan teknik cepat dan biaya rendah untuk eksplorasi GMB tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan indikator yang baik yang dapat menunjukkan potensi sumberdaya GMB, dan memanfaatkannya untuk memprediksikan prospek GMB yang baik dan arah pengembangannya. Citra jenis Landsat-8 LIT yang meliputi area lapangan batubara Banko Tengah digunakan dalam penelitian ini. Pengolahan digital pada data ini mengekstraksi struktur kelurusan, kerapatan kelurusan dan peta orientasi struktur di permukaan. Hasil ini telah dibandingkan dengan data lapangan. Studi ini menemukan bahwa kerapatan kelurusan menunjukkan hubungan yang baik dengan peringkat potensi GMB. Selain itu, ditemukan bahwa orientasi struktur menunjukkan hubungan yang baik dengan arah perubahan potensi GMB. Berdasarkan indikator tersebut penelitian ini menemukan 23 kawasan dengan luas total 17.452 km² atau 7,71% dari total luas WIUP Banko Tengah Blok B.

Kata Kunci: GMB, Kelurusan, Densitas Kelurusan, Orientasi Struktur, Landsat-8.

ABSTRACT: *The energy demand in Indonesia continues to increase every year, it is estimated that it will reach 314 MTOE in 2025 which will be sourced from fossil energy. Indonesia has various natural resources, including coal. The potential reserves of coal in Indonesia are 124.6 billion tons. This is accordance with the potential of Coal Bed Methane (CBM) resource of 453 TCF in Indonesia. Unfortunately, very few of these CBM resources were developed. The development of CBM sources in Indonesia faces many technical obstacles that need further investigation, including exploration techniques. Exploration techniques usually involve large areas so that it is time consuming and high cost. Remote sensing technology (sensing) offers a fast and low cost technique for exploration of the CBM. The purpose of this study is to find good indicators that can show the potential of CBM resources, and use them to predict the prospects for CBM and the direction of development. Landsat-8 LIT type imagery covering Banko Tengah coal field area was used in this study. Digital processing of this data extracts the straightness structure, straightness density, and the orientation map of the structure on the surface. These results have been compared with field data. This study found that straightness density showed a good relationship with potential CBM ratings. In addition, it was found that the structure orientation showed a good relationship with the potential change direction of CBM. Based on these indicators, this study found 23 areas with a total area of 17.452 km² or 7.71% of the total of WIUP Banko Tengah Blok B.*

Keywords: CBM, straightness, straightness density, structure orientation, Landsat-8

PENDAHULUAN

Coal Bed Methane (GMB) adalah gas alam yang terbentuk selama proses pematubaraan dan disimpan pada lapisan batubara dalam keadaan teradsorpsi pada permukaan internal matriks batubara. GMB mengandung 90 % gas metana dan 10 % gas lainnya seperti karbon dioksida dan nitrogen (Djohor dan Pramudito, 2017). Pembentukan GMB berasal dari proses biogenik, proses thermogenik, maupun gabungan dua proses tersebut. Proses biogenik adalah proses pembentukan GMB yang dihasilkan oleh pemecahan material organik batubara dari aktivitas mikroorganisme pada suhu yang rendah (kurang dari 56 oC) dan terbentuk sejak awal proses pembentukan batubara. Proses Thermogenik adalah proses pembentukan gas yang dihasilkan dari bahan organik batubara oleh degradasi kimia dan perekahan thermal atau panas di atas temperatur 100 oC dimana aktivitas metanogenik mikroba menjadi biokimia tidak terjadi dan terbentuk dalam proses pematubaraan pada batubara peringkat lebih tinggi (Moore, 2012; Hamdani dkk, 2014). Proses pembentukan GMB berhubungan dengan peringkat batubara, air, dan proses pematubaraan, serta kemampuan batubara untuk menyimpan gas metana yang tergantung pada berbagai faktor; salah satunya adalah permeabilitas batubara (Thakur dkk, 2014). Permeabilitas pada lapisan batubara memiliki peranan penting dalam pengembangan gas GMB karena berfungsi sebagai tempat penyimpanan gas GMB dan sebagai jalan alamiah bagi gas agar bisa mengalir melewati celah pada pori-pori lapisan batubara sehingga gas mudah diproduksi melalui sumur produksi (Maulana dan Anggara, 2016; Suprianto dkk, 2017).

Keberadaan sumberdaya GMB sama seperti batubara sehingga kegiatan eksplorasi GMB dilakukan pada cekungan sedimen yang mengandung lapisan batubara. Metode eksplorasi tradisional dalam melakukan kegiatan eksplorasi GMB seperti Seismik dan Sumur Log adalah metode yang umum digunakan untuk mencari lokasi dengan potensi sumberdaya GMB. 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 (Murasingh dan Jha, 2013). 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 GMB (Chengye dkk, 2014). 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 GMB sebagai indikator. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan indikator pada area yang berpotensi mengandung sumberdaya GMB berdasarkan struktur kelurusan dengan melakukan interpretasi dari data citra Satelit Landsat-8 dan memprediksi area yang berpotensi mengandung sumberdaya gas GMB di wilayah penelitian.

Struktur kelurusan merupakan refleksi bidang ketidakmenerusan pada batuan seperti rekahan dan sesar (Suprianto dkk, 2017). Struktur ini mengontrol permeabilitas batubara sehingga berkaitan dengan kerapatan atau densitas rekahan pada batubara (Thakur dkk, 2014; Pratiwi dkk, 2013). Wilayah endapan lapisan batubara yang memiliki nilai kerapatan struktur kelurusan yang tinggi merupakan area yang menjadi target utama dalam eksplorasi gas GMB dimana area tersebut memiliki sistem rekahan yang berkembang baik sehingga memungkinkan memiliki nilai permeabilitas batuan yang baik sehingga gas GMB dapat mengisi ruang kosong pada rekahan tersebut serta dapat mengalir dengan baik (Suprianto dkk, 2017). Oleh karena itu, wilayah tersebut lebih cocok untuk dijadikan target lokasi pengembangan gas GMB. Area dengan permeabilitas yang tinggi disebut sebagai Sweetspot Area. Sweetspot Area merupakan zona yang permeabel (Djohor dan Pramudito, 2017; Pratiwi dkk, 2013; Guibao dkk, 2008). Struktur rekahan pada lapisan batubara disebut sebagai cleats dimana cleats dapat terbentuk saat dan setelah proses pematubaraan sebagai akibat dari proses eksternal, yaitu proses tektonik (Maulana dan Anggara, 2016). 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 pematubaraan 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 (Thakur dkk, 2014). 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 GMB. Penggunaan metode ini dapat

mendeteksi wilayah dengan permeabilitas yang tinggi dengan melakukan interpretasi linier feature pada citra penginderaan jarak jauh (Ibrahim dan Widhiyatna, 2017). Kelurusan merupakan fitur lurus atau lengkung yang dikontrol secara struktural dan diidentifikasi dari citra satelit dengan deretan relatif liniernya (Guibao dkk, 2008). 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 GMB. 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 GMB yang ada di suatu endapan lapisan batubara.

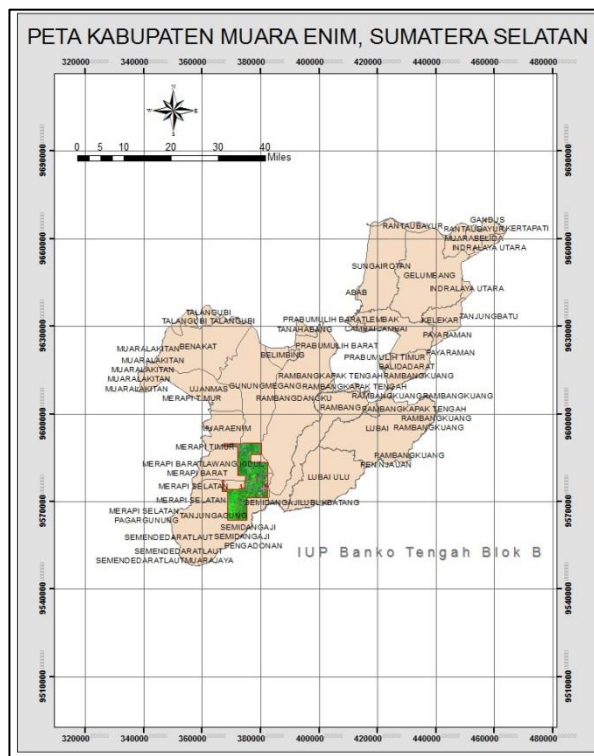
METODE PENELITIAN

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).

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

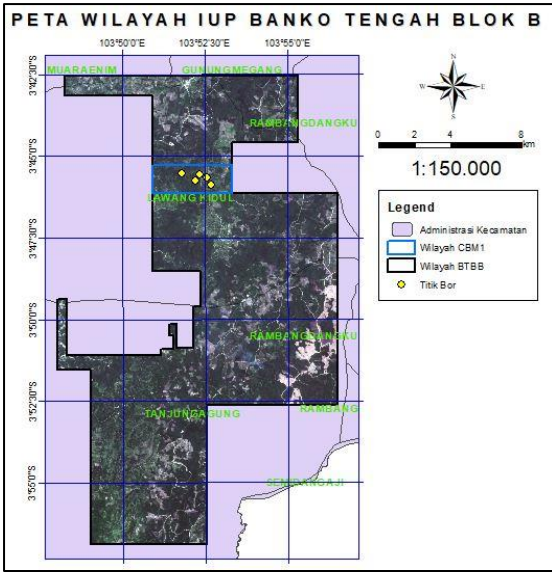
berlokasi di Wilayah IUP Banko Tengah Blok B seperti ditunjukkan pada Peta Wilayah IUP Banko Tengah Blok B (Gambar 2). Pada wilayah ini terdapat 5 titik lubang bor.



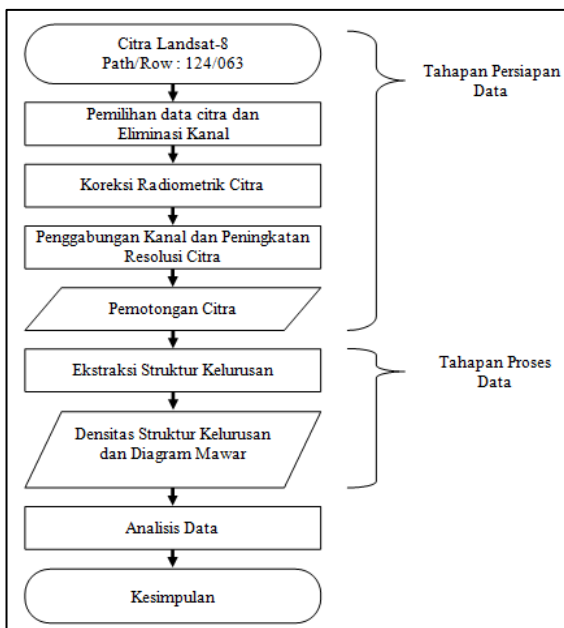
Gambar 1 Lokasi penelitian wilayah Banko Tengah Blok B

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 Rockworks16.

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. Alur proses pengolahan data citra dapat dilihat pada Gambar 3.



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



Gambar 3 Alur proses pengolahan Data Citra

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memperkirakan area yang berpotensi mengandung sumberdaya GMB 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 GMB. Tahapan pengolahan Citra Satelit Landsat-8 yang dilakukan adalah tahapan persiapan data yang terdiri dari proses koreksi radiometrik citra, proses penggabungan kanal

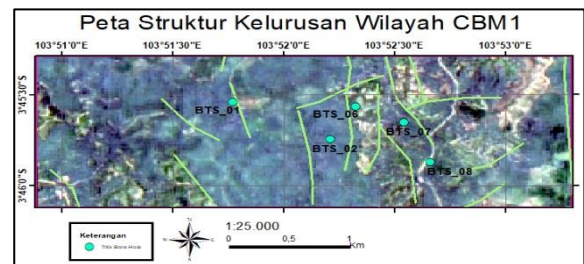
dan peningkatan resolusi citra, proses pemotongan citra, dan proses peningkatan kualitas citra dan tahapan proses pengolahan data citra yang terdiri dari proses ekstraksi kelurusan, proses densitas kelurusan citra, dan ekstraksi diagram mawar.

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.

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.

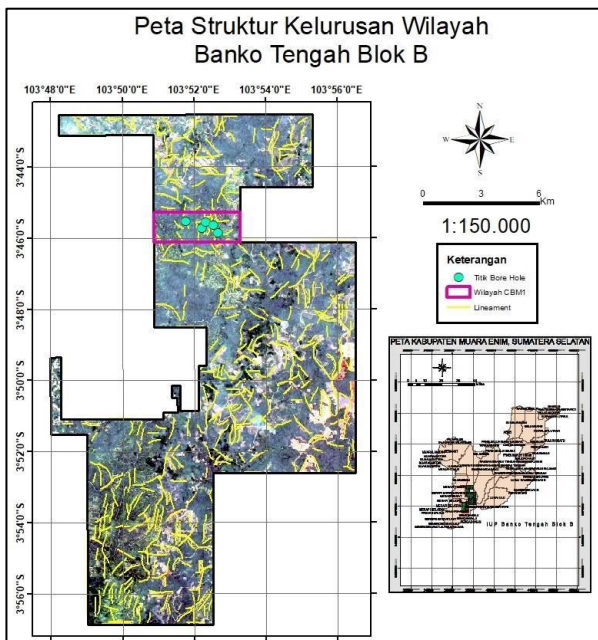


Gambar 4 Peta kelurusan wilayah CBM1

Densitas Struktur Kelurusan

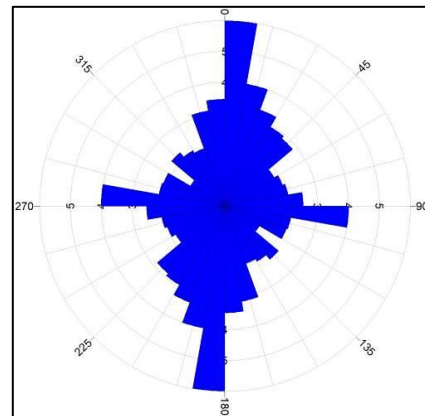
Hasil ekstraksi struktur kelurusan di Wilayah Banko Tengah Blok B akan diproses lebih lanjut menjadi Peta Densitas Struktur Kelurusan yang dibagi menjadi 5 zona. Zona-zona tersebut ditandai dengan warna yang berbeda, yaitu warna Merah, Oranye, Kuning, Hijau Muda, dan Hijau Tua. Zona Merah menunjukkan 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 (Suprianto dkk, 2017). Permeabilitas yang tinggi pada lapisan batubara akan memberikan keuntungan dalam proses ekstraksi gas GMB pada saat dilakukan pengeboran sumur produksi gas GMB. Gas GMB 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 GMB.



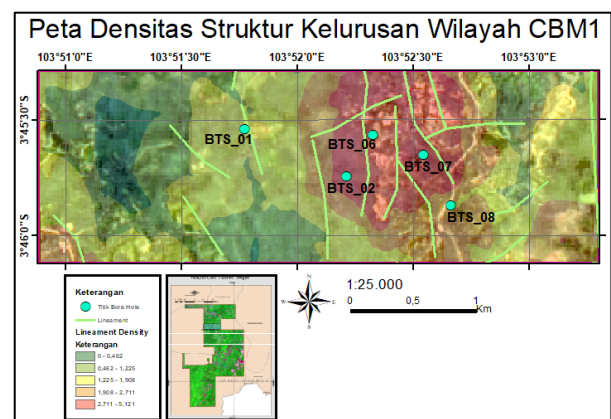
Gambar 5 Peta kelurusan wilayah Banko Tengah Blok B

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 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

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.



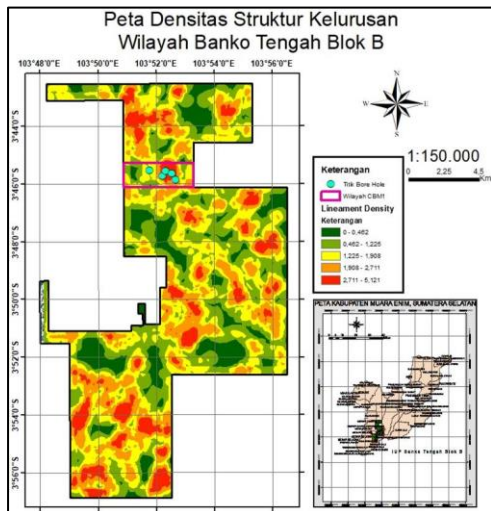
Gambar 7 Densitas struktur kelurusan di wilayah CBM1

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_01. Berdasarkan data hasil uji proksimat menunjukkan bahwa peringkat batubara dilokasi penelitian adalah subbituminous.

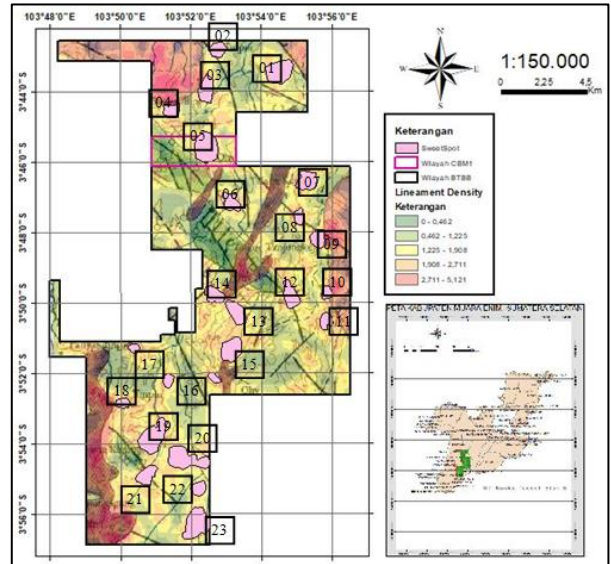
Proses densitas struktur kelurusan dilakukan di Wilayah Banko Tengah Blok B dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 8.



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 delineasi 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 GMB dapat dilihat pada indikator struktur kelurusan geologi yang menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki potensi GMB. Hal ini terlihat dari hasil proses ekstraksi struktur kelurusan wilayah penelitian yang memiliki densitas struktur kelurusan yang tinggi dengan nilai sebesar 2,711/km² – 5,121/km² 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 km² atau 7,71% dari total luas Wilayah Banko Tengah Blok B. Permeabilitas yang baik akan meningkatkan jumlah ekstraksi gas GMB melalui sumur pemboran produksi gas.

DAFTAR PUSTAKA

- Djohor, D.S., 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.
- Moore, T.A. (2012). Coalbed Methane: A Review. *International Journal of Coal Geology* 101: 36-81.
- Hamdani, A.H., 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.
- Thakur, P., Schatzel, S., and Aminian, K. (2014). *Coal Bed Methane, From Prospect to Pipeline*. Elsevier : USA.
- 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 Kebumian Ke-9 Peran Penelitian Ilmu Kebumian*
- Dalam Pemberdayaan Masyarakat 6 - 7 Oktober 2016; Grha Sabha Pramana.
- 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.
- 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.
- 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*.
- 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.
- 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.
- Ibrahim, M.A. 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.