

ESTIMASI SUMBERDAYA UNDERGROUND COAL GASIFICATION (UCG), DAERAH BANJARSARI, TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN

¹⁾Erlangga Kurniawan*, ¹⁾Stevanus Nalendra Jati dan ²⁾M Tressna Gandapradana

¹⁾Prodi Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya,

²⁾Departemen Eksplorasi dan Geoteknik, PT. Bukit Asam. Tbk.,

**E-mail: erlanggakurniawan182@gmail.com*

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada seam batubara dengan kedalaman >100 meter dan ketebalan >3 meter, nilai kadar abu + kadar air <60%. Teknologi UCG dapat menjadi alternatif lain dalam pemanfaatan batubara yang tidak ekonomis apabila dilakukan penambangan secara konvensional. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji secara teknis sumberdaya UCG hingga membangun model komprehensif mengenai simulasi potensi UCG di daerah penelitian. Guna menopang tujuan tersebut, maka penelitian ini menerapkan metode circular untuk mengolah data (data logging geofisika dan data kualitas batubara) dengan bantuan *software* (MineScape 5.7 dan Surfer 13). SEAM ENIM pada lokasi penelitian memiliki potensi untuk dilakukan pengembangan dalam pemanfaatan batubara dengan metode gasifikasi bawah permukaan. Kedalaman mulai dari 120,55 s/d 182,45 meter, serta ketebalan lapisan tersebut mulai dari 11,95 sampai 19,35 meter, nilai kalori 12.151 s/d 12.222 btu/lb (ASTM,2004), nilai kadar abu+ kadar air <60%, batuan pengapit yang permeabel rendah, dan estimasi sumberdaya batubara SEAM ENIM yang mengacu pada SNI-2011 terdiri dari sumberdaya tereka 241.529,58 ton, dan sumberdaya terunjuk sebesar 123.818,28 ton.

Kata kunci: Batubara, *Underground Coal Gasification*, Sumberdaya, Banjarsari.

ABSTRACT

This research is located in Banjarsari, Muara Enim, South Sumatra. The purpose of this study is to analyze and calculate the potential of coal resources that can be used as underground coal gasification. The method used in this research includes field data collection. Laboratory analysis, and studio analysis. Resource calculation is done using the circular method. The results obtained from this research are in the form of a coal seam that has the potential for underground coal gasification. SEAM ENIM at the research location has the potential to carry out the development of coal utilization with the underground coal gasification method. Depth range from 120.55 to 182.45 meters, and the thickness of the layers range from 11.95 to 19.35 meters, calorific value 12,151 to 12,222 btu / lb (ASTM, 2004), value of ash content + moisture content <60%, clamp rock, and the SEAM ENIM coal resource estimate consists of an inferred resource of 241,529.58 tonnes, and an indicated resource of 123,818.28 tonnes.

Keywords : Coal, Underground Coal Gasification, resources, Banjarsari.

A. PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber daya energi di Indonesia dengan sumber daya sekitar 124.796 milyar ton dan cadangan 32.38 milyar ton (Badan Geologi, 2014) penambangan batubara secara konvensional dapat dilakukan mencapai kedalaman ± 300 m. Sukhyar (2012) memperkirakan potensi batubara di Indonesia pada kedalaman ± 300 m dengan sumber daya mencapai 161 milyar ton dan cadangan 28 milyar ton. Tingkat resiko penambangan batubara semakin besar pada kedalaman 300-1000 m, sehingga perlu adanya cara penambangan alternatif untuk dapat mengeksploitasi batubara pada kedalaman 300-1000 m. Beberapa penulis seperti Zielenieswki dan Brent (2008), Bhutto *dkk.* (2013), Kapusta *dkk.* (2013), Bielowicz dan Kasinski (2014), Imran *dkk.* (2014) memperkirakan keterdapatan batubara dunia yang dapat ditambang secara ekonomis hanya $\pm 16\%$. Sisanya sebesar 84% memerlukan studi lebih lanjut untuk dapat memanfaatkannya. Penambangan terbuka dapat dilakukan pada kedalaman mencapai 100 m, untuk kedalaman >100 m dapat dimanfaatkan dengan metode gas metana batubara dan atau *underground coal gasification* (UCG). UCG merupakan teknologi pemanfaatan batubaran dengan melakukan konversi batubara secara *in-situ* dengan menyuntikan udara atau oksigen melalui sumur injeksi untuk membakar lapisan batubara, sehingga menghasilkan gas untuk dialirkan melalui sumur produksi, kemudian diolah menjadi bahan bakar gas dan bahan penggunaan industri kimia lainnya (Burton, *dkk.*, 2006). Pemanfaatan gas hasil gasifikasi juga dapat digunakan sebagai bahan sintesis (*syngas*) bahan kimia, seperti hidrogen, metanol atau bahan kimia gas lainnya. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kualitas batubara serta kedalaman dan ketebalan lapisan batubara di lokasi penelitian hingga memodelkan estimasi sumberdaya batubara di daerah penelitian.

Batubara yang digunakan untuk proses UCG harus memenuhi kriteria, seperti kedalaman 100-300 meter, ketebalan >3 meter. Pemodelan dan perhitungan dilakukan untuk memperkirakan jumlah sumber daya batubara yang bisa diekstrak dengan metode UCG. Dalam penerapan UCG, terdapat resiko terhadap lingkungan yang tidak bisa dihindari namun dapat diminimalisir dengan melakukan pemilihan lokasi, teknologi, pengeboran dan proses gasifikasi yang tepat. Potensi resiko terhadap lingkungan dari UCG yang dapat timbul, antara lain kebocoran gas ke formasi batuan sekitar rongga (*caving*), masuknya air kerongga (*water influx*) dan terjadinya penurunan permukaan tanah (*subsidence*).

B. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah dengan pengumpulan data hasil dari kegiatan pemboran eksplorasi untuk mengetahui ketebalan, kedalaman dan batuan pengapit batubara, serta mengetahui kualitas batubara dengan melakukan analisis proksimat. Logging geofisika dilakukan untuk mengoreksi data yang telah terkumpul dari kegiatan pemboran. Perhitungan sumberdaya juga dilakukan untuk mengetahui jumlah sumberdaya yang bisa dilakukan gasifikasi bawah permukaan.

B.1. Dasar Perhitungan Sumberdaya

Sumberdaya batubara ditentukan berdasarkan kerapatan titik informasi, jarak tersebut berdasarkan seberapa kompleks kontrol geologi pada daerah penelitian (Tabel 3.4). Semakin kompleks kontrol geologi maka jarak titik informasi yang diperlukn semakin rapat. Sedangkan pada kondisi geologi sederhana, kerapatan titik informasi yang dibutuhkan tidak terlalu rapat. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan data dengan akurasi yang tinggi. Jarak titik informasi juga dibedakan berdasarkan kelas sumberdaya. Pada kelas tereka jarak titik informasi mulai dari 1.500 meter dan semakin rapat pada kelas terukur.

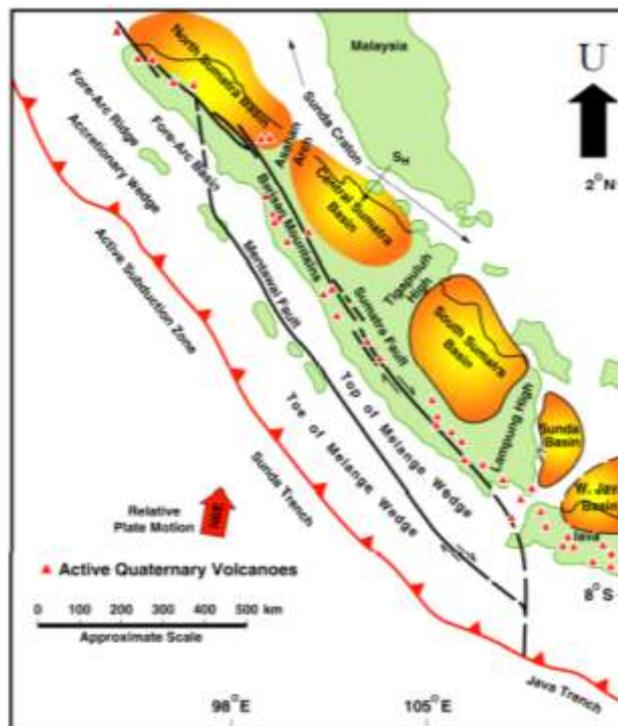
Tabel 1. Jarak titik informasi berdasarkan kondisi geologi (BSN, 2011)

| Kondisi Geologi | Kriteria | Sumberdaya | | |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|------------------|-----------|
| | | Tereka | Tertunjuk | Terukur |
| Sederhana | Jarak dari titik informasi (m) | $1000 < X < 1500$ | $500 < X < 1000$ | $X < 500$ |
| Moderat | Jarak dari titik informasi (m) | $500 < X < 1000$ | $250 < X < 500$ | $X < 250$ |
| Kompleks | Jarak dari titik informasi (m) | $200 < X < 400$ | $100 < X < 200$ | $X < 100$ |

Perhitungan sumberdaya pada penelitian ini menggunakan metode *circular* (USGS, 1983). Metode *circular* yang digunakan pada penelitian merupakan pengembangan dari metode penampang. Metode ini digunakan karena lebih akurat dalam perhitungan sumberdaya batubara, pemrosesan yang dilakukan menggunakan simulasi kedalaman dan ketebalan yang bervariasi sehingga mendekati pada keadaan sebenarnya. Penggunaan metode ini membagi klasifikasi sumberdaya menjadi sumberdaya tereka, trunjuk, dan terukur. Hasil perhitungan sumberdaya metode *circular* menggunakan lingkaran poligon pada jarak tertentu dari titik bor dengan mengacu pada klasifikasi SNI (2011).

B.2. Kondisi Geologi

Zona penunjaman Lempeng (terlihat pada gambar 2.1) meliputi daerah sebelah barat Pulau Sumatera dan Selatan Pulau Jawa. Beberapa Lempeng kecil (*micro-plate*) yang berada di antara zona interaksi tersebut turut bergerak dan menghasilkan zona konvergensi dalam berbagai bentuk dan arah. Penunjaman Lempeng tersebut mempengaruhi keadaan batuan, morfologi, tektonik, dan struktur di Sumatera Selatan. Tumbukan Lempeng di Pulau Sumatera menghasilkan jalur busur depan, magmatik, dan busur belakang (Bishop, 2001).

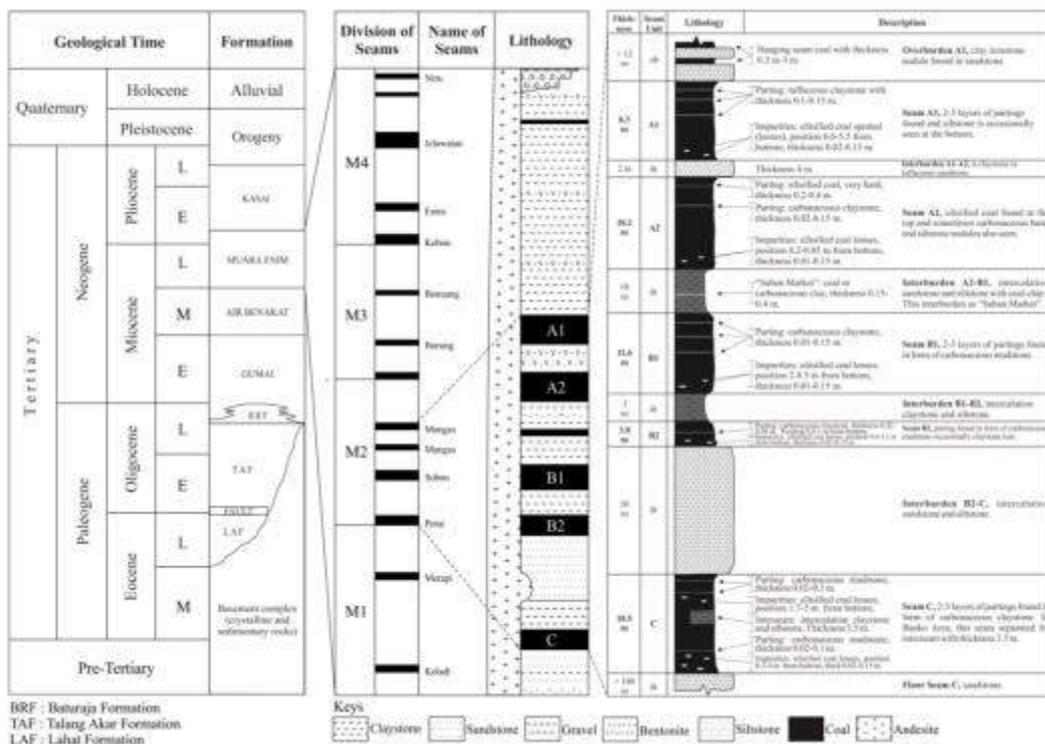


Gambar 1. Peta Cekungan Sumatera Selatan (Bishop, 2011)

Menurut Pulonggono dkk (1992), Cekungan Sumatera Selatan mengalami beberapa kali peristiwa tektonik, yaitu pada Zaman Mesozoikum Tengah, Kapur Akhir-Tersier Awal, dan Plio-Plistosen. Dalam proses sedimentasi di Cekungan Sumatera Selatan berlangsung pada dua fase, yaitu: Fase transgresi, pada fase ini diendapkan kelompok Telisa, yang terdiri dari Formasi Lahat, Formasi

Talang Akar, Formasi Baturaja, dan Formasi Gumai. Kelompok ini diendapkan secara tidak selaras diatas batuan induk Pra-Tersier. Fase regresi, pada fase diendapkan kelompok Palembang yang terdiri atas formasi Air Benakat, Formasi Muaraenim, dan Formasi Kasai. Beberapa peneliti terdahulu telah menyusun stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan diantaranya de Coster (1974) dalam Barber dkk. (2005), Sarjono dan Sarjito (1989) dalam Barber dkk. (2005), serta Gafoer dkk. (1986) dalam Barber dkk. (2005). Secara umum, stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan disusun dari urutan tua ke urutan yang paling muda terdiri dari Batuan dasar, Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, Formasi Gumai, Formasi Airbenakat, Formasi Muaraenim, Formasi Kasai.

Cekungan Sumatera Selatan salah satu cekungan yang memiliki formasi pembawa lapisan batubara, seperti Formasi Muara Enim, Formasi Talang Akar dan Formasi Lahat yang lebih tua dari Formasi Muara Enim serta pada Formasi Kasai berupa lapisan-lapisan batubara tipis. Formasi Muaraenim secara selaras di atasnya kala Miosen Akhir-Pliosen. Bagian atas dan bawah formasi dicirikan oleh keterdapatn lapisan batubara yang menerus lateral. Ketebalan formasi sekitar 450-700 meter, 15% berupa batubara. Batuan pada formasi ini adalah batupasir, batulanau, batulempung dan batubara, seringkali pada bagian atas formasi terdapat tuff dan batulempung tuffan. Menurut (Bamco, 1983; Gafoer T., Cobrie dan J. Purnomo, 1986) litologi pada formasi ini dibedakan menjadi beberapa anggota, yaitu Muaraenim 1 (M1), Muaraenim 2 (M2), Muaraenim 3 (M3) dan Muaraenim 4 (M4). M1 merupakan perulangan batupasir, batulanau, batulempung dengan sisipan batubara. Batubara dijumpai dua lapisan dengan ketebalan antara 0,5 meter hingga lebih dari 3 meter. M2 merupakan satuan batuan yang terdiri atas batulempung, batulempung karbonan, batupasir, batulanau dan batubara. Batubara pada M2 ini berjumlah tiga lapisan dengan tebal antara 4 m hingga lebih dari 12 m dan dengan pengaruh *splitting* (Wisnugrogo, 2014). M3 merupakan satuan batuan yang terdiri atas batupasir, batulanau, batulempung, dan batubara. Batubara yang ditemukan dua lapisan dengan ketebalan 1,0 m sampai 8,1 m. M4 terdiri dari satuan batuan batupasir, batulanau, batulempung, dan batubara. Batubara yang ditemukan dua lapisan dengan ketebalan berkisar antara 1,0 m sampai 3,7 m.



Gambar 3. Seam batubara anggota Formasi Muara Enim (Jati, SN., Sutriyono, E., Hastuti, EWD., 2019)

Lapisan batubara pada Formasi Muaraenim seluruhnya berjumlah \pm 21 lapisan batubara. Namun di beberapa lokasi, endapan batubara utama dijumpai sebanyak 10 lapisan (Tabel 2.1), yakni lapisan batubara Mangus sebanyak 2 Lapisan (Seam A1 dan A2), batubara Suban sebanyak 2 lapisan (Seam B/B1 dan B2), batubara petai (Seam C) sebanyak 3 lapisan (Seam C/C1, C2 dan C3), batubara Merapi (Seam D) sebanyak 1 lapisan, batubara Kladi (Seam E) sebanyak 2 lapisan (Seam E/E1 dan E2).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lapisan batubara dari 6 titik bor memiliki kedalaman yang bervariasi, yaitu mulai dari 20 meter sampai 180 meter dibawah permukaan. Pemanfaatan batubara dengan metode UCG harus pada kedalaman >100 meter. pada lokasi penelitian terdapat 7 seam dengan 6 lokasi titik bor, yaitu pada bor EK-02 (seam JEL1 dan seam JEL2), bor EK-04(seam ENIM), bor EK-06 (seam ENIM), bor EK-19 (seam A2 dan seam B), dan bor EK-21 (seam JE3, seam JE4, seam ENIM). Sedangkan lapisan batubara yang tidak memenuhi kriteria terdapat 6 seam batubara dengan kedalaman kurang dari 100 meter, yaitu seam JEL (bor EK-06), seam ENIM (bor EK-10), seam A1, A2, B (bor EK-19), seam JEL1, JEL2 (bor EK-21).

Ketebalan dalam lapisan batubara dalam melakukan UCG harus lebih dari 2 meter. Seam batubara pada lokasi penelitian memiliki ketebalan mulai dari 1 meter sampai 24 meter. lapisan batubara yang tidak memenuhi syarat ketebalan >2 meter terdapat 3 seam batubara pada 1 sumur bor, yaitu seam JE2, seam JE3, dan seam JE4. Ketebalan lapisan batubara tersebut hanya 1,40 sampai 1,75. Sehingga lapisan tersebut tidak ideal untuk dilakukan gasifikasi bawah permukaan.

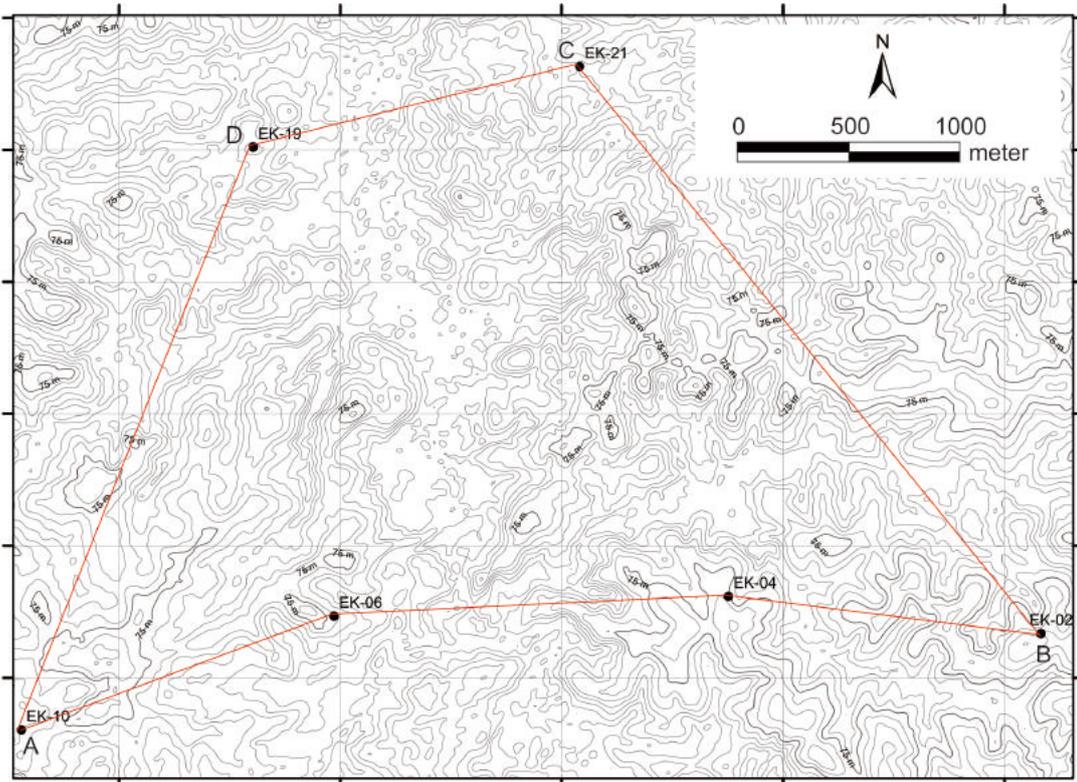
Nilai kadar abu dan kadar air dalam melakukan gasifikasi bawah permukaan harus memiliki nilai kurang dari $<60\%$. Seluruh lapisan batubara pada daerah penelitian memiliki nilai kadar abu + kadar air $<60\%$. Sehingga dari kriteria kadar abu dan kadar air seluruh lapisan cocok untuk dilakukan gasifikasi bawah permukaan.

Penentuan peringkat seam batubara dengan menggunakan klasifikasi (ASTM, 2004), berdasarkan klasifikasi di dapatkan bahwa seluruh seam batubara memiliki peringkat *high volatile c bituminous*. Sehingga dapat diinterpretasi seluruh seam batubara pada daerah penelitian memenuhi syarat untuk dilakukan gasifikasi bawah permukaan.

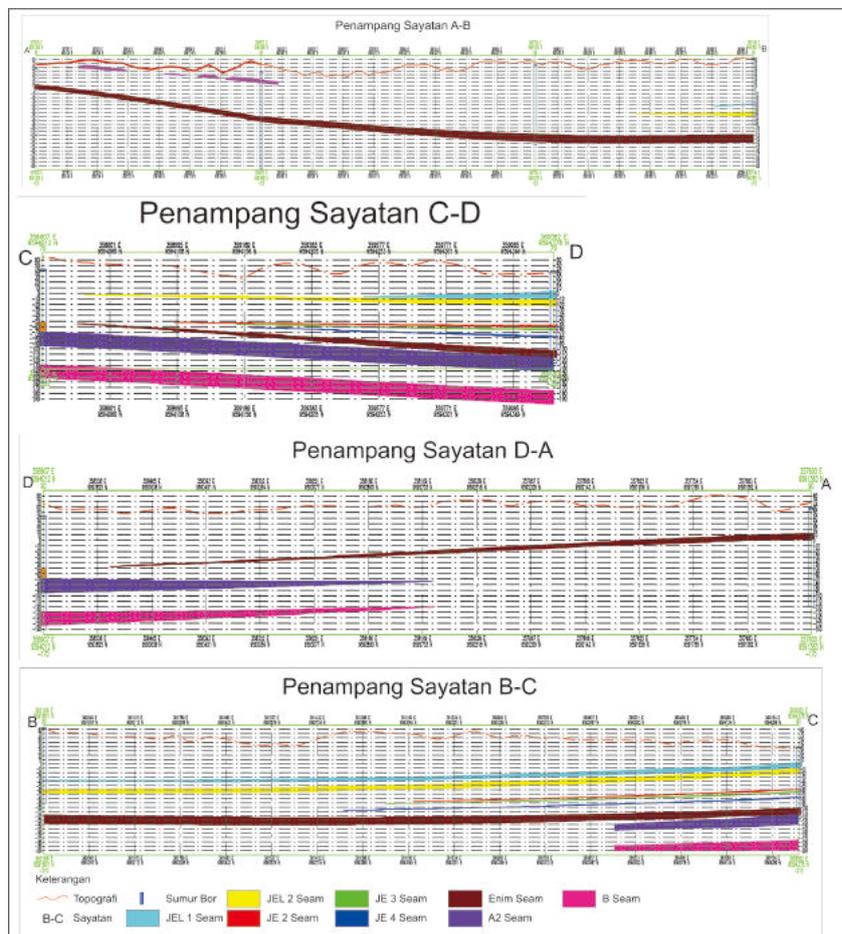
Litologi batuan pengapit pada lapisan batubara memiliki permeabilitas yang rendah, karena litologi batuan pengapit berupa batulempung, sehingga cocok untuk dilakukan gasifikasi bawah permukaan.

Berdasarkan tabel (Tabel2), lapisan batubara yang ideal untuk dilakukan gasifikasi bawah permukaan hanya 1 seam batubara, yaitu lapisan batubara seam ENIM dengan lokasi 3 titik sumur bor. lapisan tersebut memenuhi kriteria yang telah dibuat, seperti peringkat batubara bituminus (ASTM, 2004), nilai kadar abu + total sulfur $<60\%$, ketebalan lapisan lebih dari 2 meter, dan kedalaman lapisan berada pada 120 meter sampai 182 meter.

Kemudian dilakukan korelasi antar lapisan batubara dari setiap titik bor, bertujuan untuk mengetahui persebaran lapisan batubara pada 6 titik bor. Korelasi dengan menghubungkan 6 titik sumur bor (Gambar 4). Pembuatan penampang dengan melakukan penarikan 4 garis sayatan, yaitu garis A-B menghubungkan sumur EK-10, EK-06, EK-04, dan EK-02, kemudian garis sayatan B-C menghubungkan sumur EK-02 dan sumur EK-21, garis sayatan C-D menghubungkan sumur EK-21 dan EK-19, dan garis sayatan D-A untuk menghubungkan sumur EK-21 dengan sumur EK-10 (Gambar 5).



Gambar 4. Peta sebaran titik bor dan garis sayatan



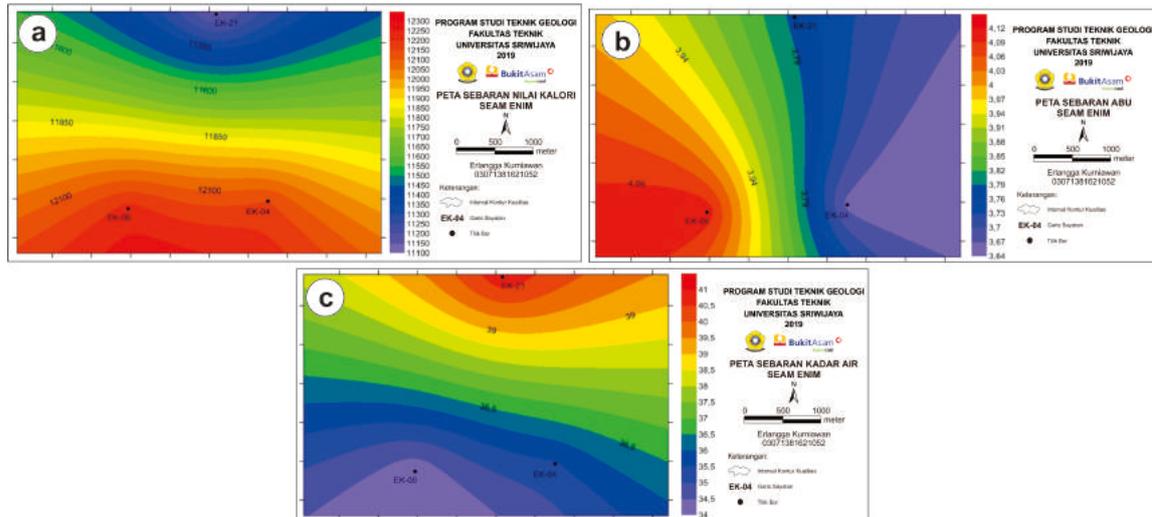
Gambar 5. Penampang sayatan 2D batubara

C.1. Peta Iso Kualitas Batubara

Pembuatan peta iso kualitas dilakukan untuk mengetahui penyebaran dari kualitas batubara di daerah penelitian. Analisis kualitas dilakukan berdasarkan hasil dari analisis proksimat. Berdasarkan ASTM (2004), lapisan batubara di lokasi penelitian masing-masing memiliki peringkat *high volatile C bituminous*. Sedangkan dari data hasil analisis proksimat, lapisan ENIM memiliki nilai Nilai kalori batubara pada seam ENIM mulai dari 11.100 btu/lb pada lokasi titik bor EK-21 sampai 12.300 btu/lb pada titik bor EK-06 pada bagian selatan (Gambar 6.a). nilai kadar air mulai dari 34% hingga 41%. Nilai tertinggi berada pada titik bor EK-21, semakin berkurang kebagian selatan pada titik bor EK-06 dengan nilai kadar air 34% (Gambar 6.b). kadar abu yang tinggi terletak pada titik bor EK-06 dengan nilai 4,12% berwarna jingga. Nilai kadar abu dengan persentase rendah berada pada lokasi titik bor EK-04 dengan nilai 3,64% berwarna ungu. Semua area memiliki nilai <60% (Gambar 6.c). Maka dari itu, batubara Seam ENIM memenuhi persyaratan untuk dilakukannya kegiatan penambangan dengan menggunakan metode (UCG).

Tabel 2. Kualitas batubara

| SUMUR | SEAM | Inherent Moisture | Ash | Total Sulphur | Gross Calorific Value (btu/lb) | Kedalaman meter | Ketebalan meter |
|-------|-------|-------------------|-------|---------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| | | %.adb | %.adb | %.adb | %.dmmf | | |
| EK 02 | JEL 1 | 25,15 | 15,51 | 0,31 | 11.867 | 121,00 | 3,60 |
| | JEL 2 | 25,67 | 10,66 | 0,20 | 12.391 | 142,60 | 10,23 |
| EK 04 | ENIM | 26,36 | 3,66 | 0,17 | 12.151 | 182,45 | 19,35 |
| EK 06 | JEL | 27,1 | 5,65 | 0,31 | 12.276 | 21,1 | 8,65 |
| | ENIM | 26,24 | 4,11 | 0,21 | 12.222 | 120,55 | 11,95 |
| EK 10 | ENIM | 26,73 | 4,3 | 0,17 | 12.123 | 45,30 | 9,70 |
| EK 19 | A1 | 24,24 | 7,14 | 0,64 | 12.790 | 94,70 | 15,75 |
| | A2 | 25,28 | 4,69 | 0,12 | 12.879 | 112,65 | 24,25 |
| | B | 24,93 | 5,85 | 0,17 | 12.934 | 171,90 | 23,80 |
| EK 21 | JEL 1 | 28,67 | 10,13 | 0,13 | 11.900 | 36,85 | 11,50 |
| | JEL 2 | 29,15 | 8,43 | 0,16 | 11.885 | 50,95 | 11,80 |
| | JE 2 | 26,46 | 26,86 | 0,61 | 11.873 | 98,15 | 1,75 |
| | JE 3 | 25,17 | 8,83 | 0,27 | 12.036 | 104,25 | 1,75 |
| | JE 4 | 27,51 | 26,65 | 0,63 | 11.549 | 116,60 | 1,40 |
| | ENIM | 34,72 | 3,78 | 0,15 | 12.229 | 142,85 | 12,60 |

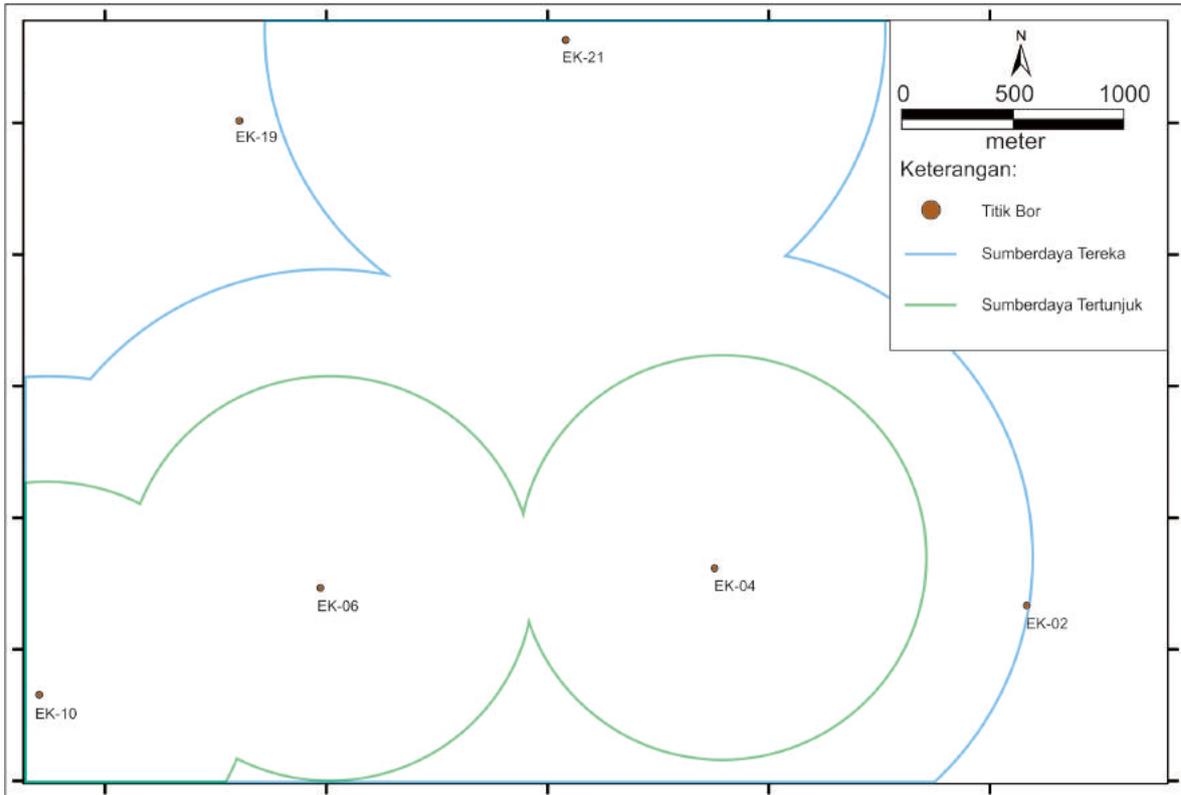


Gambar 6. Peta iso Seam ENIM, a. Peta sebaran nilai kalori, b. Peta sebaran nilai kadar abu, c. Peta sebaran kadar air

C.2. Pemodelan dan Perhitungan Sumber Daya Batubara UCG

Pemodelan dan perhitungan pada batubara yang memenuhi syarat untuk dilakukannya eksploitasi dengan metode UCG, yaitu pada batubara yang memiliki ketebalan >2 meter, kedalaman >100 meter, peringkat lignit sampai bituminus, dan jumlah kadar air dan kadar abu <60% (Tabel 4.8). setelah dilakukan pemodelan pada batubara seam ENIM diketahui bahwa lapisan tersebut relatif menyebar pada seluruh area penelitian dengan ketebalan relatif konstan. Lapisan batubara seam ENIM pada titik bor EK-19 dan EK-21 tidak menerus, pada area titik bor tersebut tidak bisa dilakukan pengembangan gasifikasi bawah permukaan. Berdasarkan klasifikasi ASTM (2004) batubara seam ENIM termasuk kedalaman peringkat *high volatile c* bituminus dengan nilai kalori 12.123 s/d 12.222 btu/lb, kadar abu + kadar air total <60%. Dengan demikian lapisan batubara seam ENIM sudah memenuhi kriteria untuk dilakukannya pengembangan gasifikasi bawah permukaan.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI, 2011), kondisi geologi pada lokasi penelitian termasuk kedalaman kelas sederhana, sehingga delinasi area sumberdaya mengikuti kondisi geologi sederhana, dengan area sumberdaya tereka 1.000-1.500 meter, sumberdaya tertunjuk 5.00-1.000 meter, dan sumberdaya terukur <5.00 meter, maka didapatkan area delinasi sumberdaya tereka dan tertunjuk (gambar 4.3), dengan jumlah sumberdaya tereka 185.791,99 m³, sumberdaya tertunjuk 95.244,83 m³, sumberdaya terukur tidak dapat dihitung karena jarak titik informasi yang terlalu jauh sehingga delinasi poligon tidak terhubung untuk sumberdaya terukur. Setelah dilakukan konversi ke satuan tonase dengan mengalikan nilai densitas 1,3 maka jumlah sumberdaya tereka 241.529,58 ton, dan sumberdaya tertunjuk sebesar 123.818,28 ton.



Gambar 7. Peta hasil perhitungan sumberdaya lapisan batubara seam ENIM

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang mengacu pada tujuan didapatkan beberapa kesimpulan yang mencakup seluruh informasi yang terdapat pada daerah penelitian. Berikut beberapa kesimpulan yang telah diperoleh:

1. Lapisan batubara seam ENIM pada lokasi penelitian memiliki kedalaman mulai dari 120,55 s/d 182,45 meter, serta ketebalan lapisan tersebut mulai dari 11,95 sampai 19,35 meter.
2. Kualitas batubara pada lapisan seam ENIM termasuk dalam rank *high volatile c bituminous* dengan nilai kalori 12.151 s/d 12.222 btu/lb (ASTM,2004). Dengan nilai kandungan kadar air + kadar abu dibawah 60%.
3. Estimasi sumberdaya batubara pada daerah penelitian terdiri dari sumberdaya tereka 241.529,58 ton, dan sumberdaya terunjuk sebesar 123.818,28 ton yang merupakan kalkulasi dari lapisan batubara seam ENIM.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, kami sampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada PERHAPI karena telah menyelenggarakan TPT XXIX PERHAPI 2020.

PT. Bukit Asam Tbk. yang telah memberikan izin serta fasilitas yang telah membantu dalam penelitian Estimasi Sumberdaya Underground Coal Gasification (UCG), Daerah Banjarsari, Tanjung Enim, Sumatera Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asep B. Purnama, Yudha S. Subarna, Yoga A. Sendjadja (2017): Potensi Batubara untuk Pengembangan Gasifikasi Bawah Permukaan : Studi Kasus Desa Macang Sakti, Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* Vol. 13, No. 01. 13-30.
- Barber, A.J, et al. (2005): *Sumatra : Tectonics, Geology, and Resources*. Geological Society. London.
- Barber. 2005. *Sumatra : Geology, Resources and Tectonic Evolution*: Geological Society Memoirs No.31
- Darman dan Sidi (2000): *An outline of the geology of Indonesia*, Indonesian Geologist Association.
- Dwitama, Eska P., Ramdhani, M. Rizki. Dkk. (2017): Evaluasi Potensi Batubara untuk Gasifikasi Bawah Permukaan pada Lubang Bor JWT-02, Daerah Ampah, Kabupaten Barito Timur, Provinsi Kalimantan Tengah. *Buletin Sumber Daya Geologi*. Vol. 12, No. 03.
- Ginger and Fielding (2005): *The Petroleum Systems and Future Potential of The South Sumatra Basin*, Proceedings, Indonesia Petroleum association: Jakarta.
- Gafoer, S., dkk., Lembar Geologi Lembar Baturaja Skala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.
- Jati, SN., Sutriyono, E., Hastuti, EWD. (2019): Coal Properties and Cleat Attributes at Tanjung Enim Coalfield in South Palembang Sub-basin South Sumatra. Intern. Conf. on Earth Sci., Earth and Energy, Icemine Proc. v.2, p.48.
- Pulonggono dkk. (1992): *Pre-Tertiary and Tertiary Fault Systems at A Framework of The South Sumatra Basin; Study of SAR-MAPS*, Jakarta, Indonesia Petroleum Association.