



Studi Awal Potensi *Underground Coal Gasification* (UCG) Daerah Muara Tiga Besar, PT. Bukit Asam, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan

Muhamad Ridho Naufalwan ^{1*}, Idarwati ¹⁾

¹⁾Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

*E-mail: 03071281823019@student.unsri.ac.id

ABSTRAK

Batubara dengan kualitas rendah sebagian besar belum dieksploitasi karena kadar air yang tinggi dan nilai kalor yang rendah. Konversi batubara berperingkat rendah menjadi gas merupakan salah satu alternatif dalam pemanfaatan batubara yang kurang ekonomis ada di Indonesia. Namun, Hingga kini bahasan mengenai potensi batubara Indonesia dalam kegiatan pengembangan *Underground Coal Gasification* (UCG) masih sangat terbatas. Hal inilah yang menarik peneliti untuk melakukan studi awal potensi UCG pada daerah Muara Tiga Besar (MTB), PT. Bukit Asam, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Metode penelitian yang diterapkan pada kegiatan penelitian ini terdiri atas analisis laboratorium dan kerja studio. Kualitas batubara pada daerah penelitian memiliki nilai kalori 12.733-13.131 btu/lb yang termasuk kedalam batubara peringkat *High volatile B Bituminous Coal* hingga *High volatile C Bituminous Coal*. Hasil pemodelan 2D pada daerah penelitian, memperlihatkan lapisan batubara menyebar pada seluruh area penelitian dengan ketebalan relatif konstan dengan lapisan batubara menerus hingga kedalaman lebih dari 300 meter. Hasil estimasi sumber daya batubara *Seam* batubara pada daerah penelitian menggunakan metode *circular* memiliki sumber daya sebesar 133.667.971 ton. Dengan demikian, batubara yang ada di lokasi penelitian memiliki karakteristik yang sesuai untuk dilakukan UCG.

Kata Kunci: Batubara, Estimasi Sumber Daya Batubara, Peringkat Batubara, UCG

ABSTRACT

Low quality coal is largely unexploited due to its high moisture content and low calorific value. Converting low rank coal to gas is an alternative in the use of coal which is less economical in Indonesia. However, until now the discussion regarding the potential of Indonesian coal in Underground Coal Gasification (UCG) development activities is still very limited. This is what attracted researchers to conduct an initial study of the potential of UCG in the Muara Tiga Besar (MTB) area, PT. Bukit Asam, Lahat Regency, South Sumatra. The research method applied to this research activity consists of laboratory analysis and studio work. The quality of coal in the study area has a calorific value of 12.733-13.131 btu/lb which is included in the ranks of High volatile B Bituminous Coal to High volatile C Bituminous Coal. The results of 2D modeling in the study area show that the coal seams are spread throughout the research area with a relatively constant thickness with continuous coal seams to a depth of more than 300 meters. The results of estimation of coal resources Seam coal in the study area using the circular method has a resource of 133.667.971 tons. Thus, the coal in the research location has characteristics suitable for UCG.

Keywords: Coal, Estimated Coal Resource, Coal Rank, UCG

I. PENDAHULUAN

Batubara merupakan sumber daya alam yang berpotensi sebagai sumber energi dan bahan baku industri kimia yang dapat menggantikan minyak bumi yang ada di Indonesia. Berdasarkan neraca sumber daya tahun 2020 Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Indonesia diperkirakan memiliki sumber daya batubara mencapai 143 miliar ton, dimana lebih dari 85% merupakan batubara peringkat rendah hingga sedang. Provinsi Sumatera Selatan sendiri memiliki sumber daya batubara sebanyak 43 juta ton dengan 42% sumber daya batubaranya merupakan batubara peringkat rendah.

Batubara dengan kualitas rendah sebagian besar belum dieksploitasi karena kadar air yang tinggi dan nilai kalor yang rendah. Oleh karena itu, konversi batubara menjadi sebuah produk gas menjadi salah satu solusi pemanfaatan batubara peringkat rendah Indonesia. Hal tersebut sesuai dengan program pemerintah dalam rangka mengembangkan teknologi batubara yang sejalan dengan Proyek Strategis Nasional yang tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2020.

Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam gasifikasi batubara adalah *Underground Coal Gasification (UCG)*. Teknologi UCG adalah metode penggunaan batubara dimana batubara diubah secara *in-situ* melalui penyuntikan udara atau oksigen melalui sumur injeksi untuk membakar lapisan batubara. yang kemudian menghasilkan gas H₂, CO and CO₂ dan dialirkan melalui sumur produksi, yang selanjutnya dapat diolah menjadi bahan bakar gas dan digunakan dalam industri kimia dan keperluan lainnya (Burton *et al.*, 2006). Namun, hingga kini bahasan mengenai pemanfaatan batubara Indonesia dalam rangka pengembangan UCG masih sangat minim (Dwitama *et al.*, 2021). Hal inilah yang menarik peneliti untuk melakukan studi awal potensi UCG pada daerah Muara Tiga Besar (MTB), PT. Bukit Asam, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan untuk mengetahui apakah daerah tersebut berpotensi untuk dilakukan teknologi UCG. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah peringkat batubara, sumber daya batubara, ketebalan serta kedalaman *seam* batubara pada daerah penelitian telah memenuhi kriteria untuk dilakukan teknologi UCG.

II. METODE

Metode penelitian yang diterapkan pada kegiatan penelitian ini terdiri atas analisis data lapangan termasuk melakukan analisis data *logging* pemboran serta membuat perhitungan sumber daya batubara dan analisis laboratorium dengan melakukan analisis proksimat. Adapun analisis laboratorium pada penelitian ini meliputi analisis proksimat yang berbasis *air dried basis* (adb) yang berupa *gross calorific value* (GCV), kadar abu (*Ash*), total sulfur (TS), *volatile matter* (VM), *Inherent moisture* (IM), dan *Fixed carbon* (FC). Analisis untuk menentukan jenis batubara pada daerah penelitian dimulai dengan cara mengubah nilai kualitas yang awalnya basis adb lalu dikonversi kedalam basis *dried mineral matter free* (dmmf). Kemudian, setelah diperoleh nilai kualitas (VM, FC, GCV) berbasis dmmf, dilanjutkan dengan melakukan analisis klasifikasi batubara berdasarkan peringkat batubara menurut ASTM (2023), Adapun persamaan yang dipakai dalam penelitian ini untuk mengkonversi basis adb menjadi basis dmmf adalah sebagai berikut.

$$\text{Mineral Matter (MM)} = (\text{Ash adb} \times 1.05) + (\text{TS adb} \times 0.55) \quad (1)$$

$$\text{VM (dmmf)} = \frac{\text{VM}_{adb}}{(100 - \text{IM}_{adb} - \text{MM})} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{FC(dmmf)} = 100 - \text{VM dmmf} \quad (3)$$

$$\text{GCV dmmf (kcal/kg)} = \frac{\text{GCV}_{adb}}{(100 - \text{IM}_{adb} - \text{MM})} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{GCV dmmf (Btu/lb)} = \text{GCV dmmf (kcal/kg)} \times 1.799 \quad (5)$$

Keterangan :

VM = *Volatile matter* (Zat Terbang)

IM = *Inherent moisture*

FC = *Fixed carbon* (Karbon tertambat)

Setelah dilakukan konversi basis adb menjadi basis dmmf, kemudian dilakukan klasifikasi peringkat batubara berdasarkan klasifikasi ASTM (2023)(tabel 1). Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah peringkat batubara daerah penelitian telah memenuhi kriteria untuk dilakukan UCG.

Tabel 1. Klasifikasi peringkat batubara.

Class/Group	Fixed Carbon Limits (dmmf)%		Volatile Matter Limits (dmmf)%		Gross Calorific Value Limits				Agglomerating Character
	Equal or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal or Less Than	Btu/lb		Mj/kg		
					Equal or Greater Than	Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
<i>Anthracitic:</i>									Non-agglomerating
<i>Meta-anthracite</i>	98	...	...	2	...	...	...	...
<i>anthracite</i>	92	98	2	8	...	...	...	...
<i>Semianthracite</i>	86	92	8	24	...	...	...	...
<i>Bituminous</i>									Commonly agglomerating
<i>Low volatile bituminous col</i>	78	86	14	22	...	...	...	...
<i>Medium volatile bituminous coal</i>	69	78	22	31	...	...	...	...

<i>High volatile A bituminous coal</i>	...	69	31	...	14000	...	32.557	...	
<i>High volatile B bituminous coal</i>	...	...	...	...	13000	14000	30.232	32.557
<i>High volatile C bituminous coal</i>	...	...	...	...	11500	13000	26.743	30.232
<i>High volatile C bituminous coal</i>	...	...	...	...	10500	11500	24.428	26.743
<i>Subbituminous:</i>									<i>agglomerating</i>
<i>Subbituminous A coal</i>	...	...	...	...	10500	11500	24.418	26.743
<i>Subbituminous A coal</i>	...	...	...	...	9500	10500	22.090	24.418
<i>Subbituminous A coal</i>	...	...	...	...	8300	9500	19.30	22.09
<i>Lignite:</i>									
<i>Lignite A</i>	...	...	...	...	6300	8300	14.65	19.30
<i>Lignite B</i>	...	...	...	...	...	6300	...	14.65

Sumber: ASTM, 2023.

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan sumber daya untuk menentukan jumlah sumber daya yang dapat digunakan untuk gasifikasi di bawah permukaan. Perhitungan sumber daya ini menggunakan metode *circular* (USGS, 1983), yang merupakan pengembangan dari metode penampang. Metode ini menggunakan simulasi kedalaman dan ketebalan yang bervariasi, sehingga hasilnya mendekati keadaan sebenarnya. Dalam penggunaan metode *circular*, sumber daya batubara diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu sumber daya teroka, sumber daya tertunjuk, dan sumber daya terukur. Hasil perhitungan sumber daya menggunakan metode *circular* ini dilakukan dengan memanfaatkan poligon lingkaran pada jarak tertentu dari titik bor, dengan acuan pada klasifikasi jarak titik informasi menurut BSN (2019)(Tabel 2).

Tabel 2. Jarak titik informasi berdasarkan kondisi geologi.

Kondisi Geologi	Kriteria	Sumber daya		
		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

Sumber: BSN, 2019.

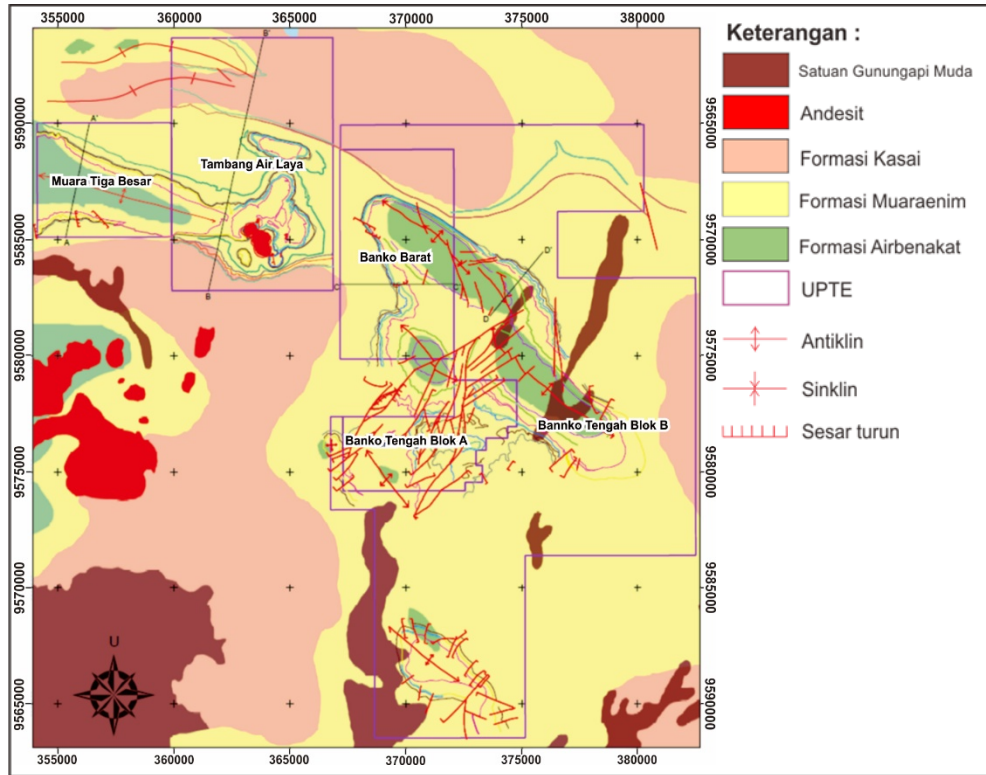
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Geologi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian secara geografis berada pada Cekungan Sumatera Selatan yang terletak di dalam cekungan belakang busur (*back arc basin*) Sumatera. Cekungan ini dipisahkan oleh cekungan Sumatera Tengah (*Central Sumatera basin*) di sebelah utara, lalu di bagian barat dibatasi pegunungan Duabelas/Tigapuluh, dan di sebelah selatan dipisahkan oleh Tinggian Lampung (Barber, 2005). Berdasarkan geologi regional daerah ini termasuk kedalam peta geologi Lembar Lahat (Amin *et al.*, 2010), dimana terdapat 5 formasi batuan yakni : Formasi Airbenakat (Tma), Formasi Muaraenim(Tmpm), Formasi Kasai(Qtk), Andesit (Qpva) dan Satuan Gunungapi Muda (Qhv) (gambar 1).

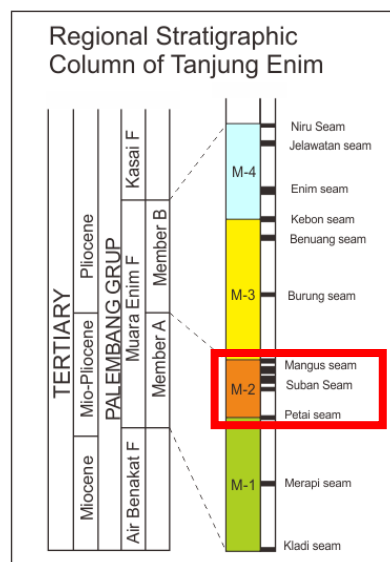
Daerah penelitian termasuk kedalam Formasi Muara Enim Anggota M2 yang tersusun atas litologi berupa batubara, batulempung karbonan, batulempung, batupasir dan batulanau (gambar 2). Pada formasi ini dijumpai batupasir berwarna abu-abu cerah hingga abu-abu kehijauan, berbutir halus sampai sedang, membulat sedang, terpilah buruk, mudah terurai, fragmen kuarsa dominan. Lalu, Batulempung pada formasi ini biasanya dijumpai berwarna abu-abu gelap, sering ditemukan struktur sedimen berupa laminasi paralel, masif, jejak tumbuhan serta fragmen batubara. Batulanau formasi ini memiliki abu-abu kehijauan sampai abu-abu kecoklatan, biasanya ditemukan struktur sedimen berupa laminasi paralel, kompak. Kemudian, Batulempung karbonan biasanya memiliki warna cenderung abu-abu kecoklatan dan biasanya agak

lunak. Batubara yang dijumpai pada anggota M2 ini terdiri atas tiga *seam* batubara yakni *seam A (Mangus seam)*, *seam B (Suban Seam)* dan *seam C (Petai Seam)*. Secara megaskopis batubara yang dijumpai daerah penelitian memiliki warna hitam mengkilap dengan gores hitam, memiliki kilap *bright-dull*, tingkat kekerasan *moderately weak* dan pecahan *uneven*.



Gambar 1. Geologi Regional daerah penelitian.

Sumber: Amin et al., 2010.



Gambar 2. Stratigrafi dan lapisan batubara daerah penelitian

Sumber: Shell Mijnbouw, 1978.

3.2 Kualitas Batubara

Kriteria peringkat batubara dan parameternya dalam melakukan UCG adalah batubara peringkat lignit hingga bituminus *non-coking* (Dwitama *et al.*, 2021). Hasil analisis proksimat pada sampel batubara pada sampel batubara didapatkan nilai parameter kualitas masing-masing *seam* batubara (tabel 3). *Seam A1* memiliki rata-rata kadar *Inherent moisture* (IM) 15.80%, kadar abu(Ash) 4.08%, *Fixed carbon* (FC) 37.52%, Total Sulfur (TS) 2.82%, *Calorific Value* (CV) 5710.7 Cal/g. Kemudian, pada *seam A2* memiliki rata-rata kadar *Inherent moisture* (IM) 16.54%, kadar abu(Ash) 4.50%, *Fixed carbon* (FC) 38.75%, Total Sulfur (TS) 0.34%, *Calorific Value* (CV) 5548.6 Cal/g. Lalu, pada *seam B* memiliki rata-rata kadar *Inherent moisture* (IM) 15.23%, kadar abu(Ash) 3.99%, *Fixed carbon* (FC) 39.33%, Total Sulfur (TS) 0.27%, *Calorific Value* (CV) 5758.0 Cal/g. Terakhir, pada *Seam C1* nilai kualitas masing-masing parameter batubara memiliki rata-rata kandungan *Inherent moisture* (IM) 15.76%, *ash content* 4.43%, *Fixed carbon* (FC) 39.66%, Total Sulfur (TS) 0.86% dengan Nilai Kalor (CV) 5744.7 Cal/g.

Tabel 3. Hasil Analisis Proksimat

<i>Seam</i>	<i>Thickness</i> (m)	TM (adb)	IM (adb)	VM (adb)	FC (adb)	ASH (adb)	TS (adb)	CV (cal/g)
A1	6.82	28.78	15.80	42.60	37.52	4.08	2.82	5710.7
A2	15.40	29.41	16.54	40.21	38.75	4.50	0.34	5548.6
B	17.37	30.20	15.23	41.45	39.33	3.99	0.27	5758.0
C1	8.82	30.64	15.76	40.16	39.66	4.43	0.86	5744.7

Berdasarkan hasil perhitungan dan klasifikasi peringkat batubara pada tabel 4 dengan menggunakan standar ASTM. diketahui bahwa *seam A1* memiliki nilai kalor sebesar 13132 Btu/lb, *seam A2* memiliki nilai kalor sebesar 12734 Btu/lb, *seam B* memiliki nilai kalor sebesar 12901 Btu/lb dan *Seam C1* memiliki nilai kalor sebesar 13085 Btu/lb . hal tersebut menunjukkan bahwa batubara pada daerah penelitian masuk dalam kategori *High-volatile C Bituminous Coal* hingga *High-volatile B Bituminous Coal* yang merupakan batubara peringkat sedang yang sesuai dengan kriteria UCG menurut Dwitama *et al.*, 2021.

Tabel 4. Peringkat batubara pada daerah penelitian

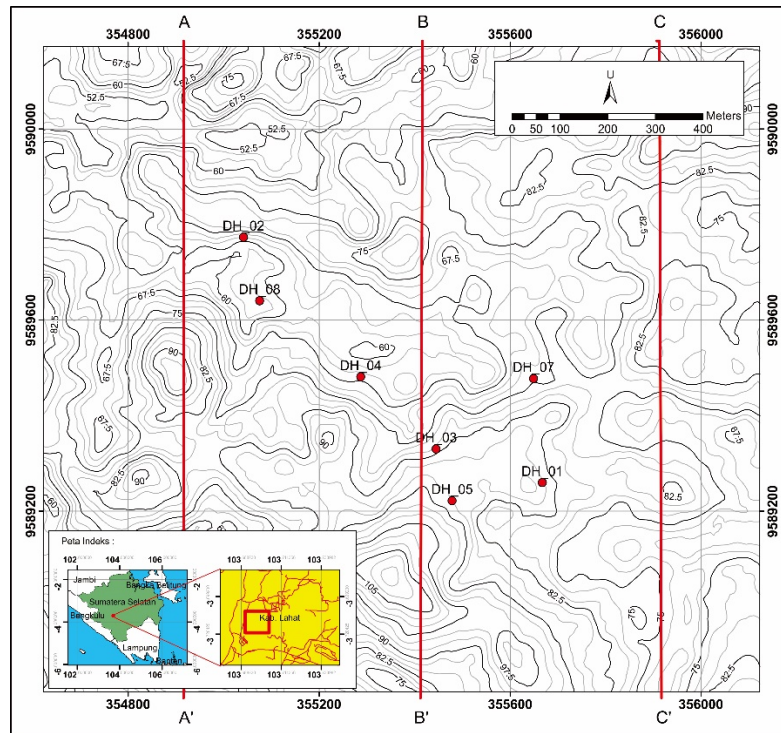
<i>Seam</i>	MM	VM-dmmf	FC-dmmf	CV-dmmf	CV (Btu/lb)	Peringkat Batubara
A1	5.96	54.45	45.55	7298	13130	<i>High-volatile B Bituminous Coal</i>
A2	5.05	51.28	48.72	7075	12729	<i>High-volatile C Bituminous Coal</i>
B	4.46	51.61	48.39	7169	12897	<i>High-volatile C Bituminous Coal</i>
C	5.26	50.84	49.16	7272	13083	<i>High-volatile C Bituminous Coal</i>

3.3 Kedalaman dan Ketebalan *Seam* Batubara

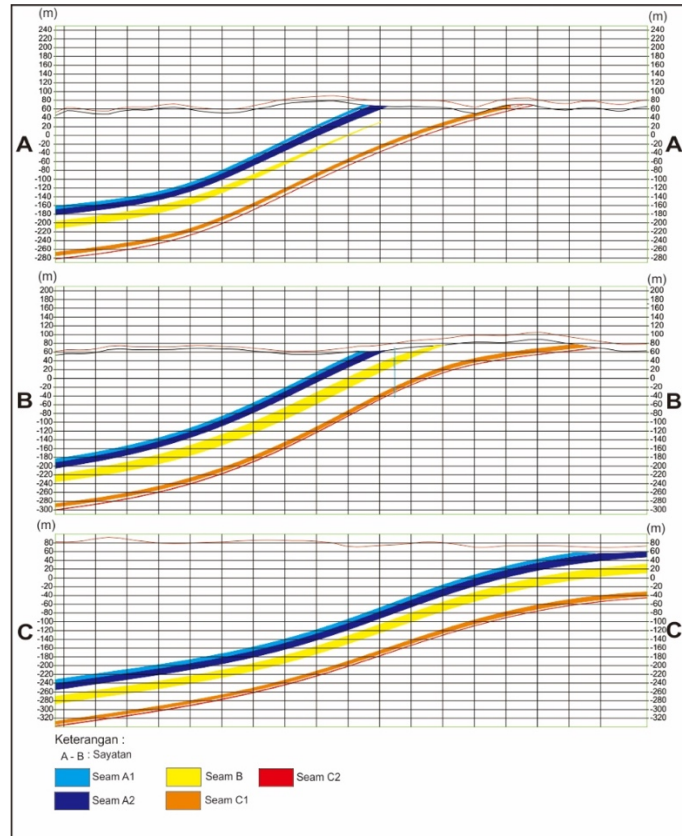
Dari hasil analisis data *logging* dan sampel *core* dari 6 lubang bor, terdapat 3 lapisan batubara pada daerah penelitian, yakni *seam A*, *B* dan *C*, yang kemudian terbagi lagi menjadi *seam A1* dan *seam A2* lalu *seam C1* dan *seam C2*. Setelah dilakukan pemodelan 2D pada lokasi penelitian, terlihat bahwa pola penyebaran batubara *Seam A*, *seam B* dan *seam C* cukup konsisten dengan arah kedudukan berarah barat laut-tenggara dengan ketebalan batubara yang konsisten (gambar 3-4). Kriteria kedalaman lapisan yang sesuai untuk dilakukan teknologi UCG menurut Bielowicz dan Kasiński (2015) adalah >100 meter. Pada gambar 4 terlihat bahwa pada daerah penelitian, lapisan batubara menyebar pada seluruh area penelitian dengan ketebalan relatif konstan dengan lapisan batubara menerus hingga kedalaman lebih dari 300 meter. Dengan demikian lapisan batubara pada daerah penelitian telah memenuhi kriteria kedalaman dan ketebalan lapisan batubara untuk dilakukan UCG.

Kemudian, Bielowicz dan Kasiński (2015) juga menyebutkan bahwa ketebalan lapisan batubara untuk dapat dilakukan teknologi UCG harus lebih dari 2 meter. Adapun *seam* batubara pada lokasi penelitian memiliki variasi ketebalan mulai dari 1 meter sampai 36 meter. Ketebalan rata-rata masing-masing *seam* pada daerah penelitian cukup bervariasi yakni: *seam A1* memiliki ketebalan 6.82m, *seam A2* memiliki ketebalan 15.40m, *seam B* memiliki ketebalan 17.37m, *seam C1*

memiliki ketebalan 8.82m dan *seam* C2 sekitar 1m (Tabel 3). Dari kelima *seam* yang ada didaerah penelitian, terlihat bahwa hanya *seam* C2 yang tidak termasuk dalam kriteria ketebalan lapisan batubara untuk dilakukan UCG.



Gambar 3. Peta Lokasi daerah penelitian.



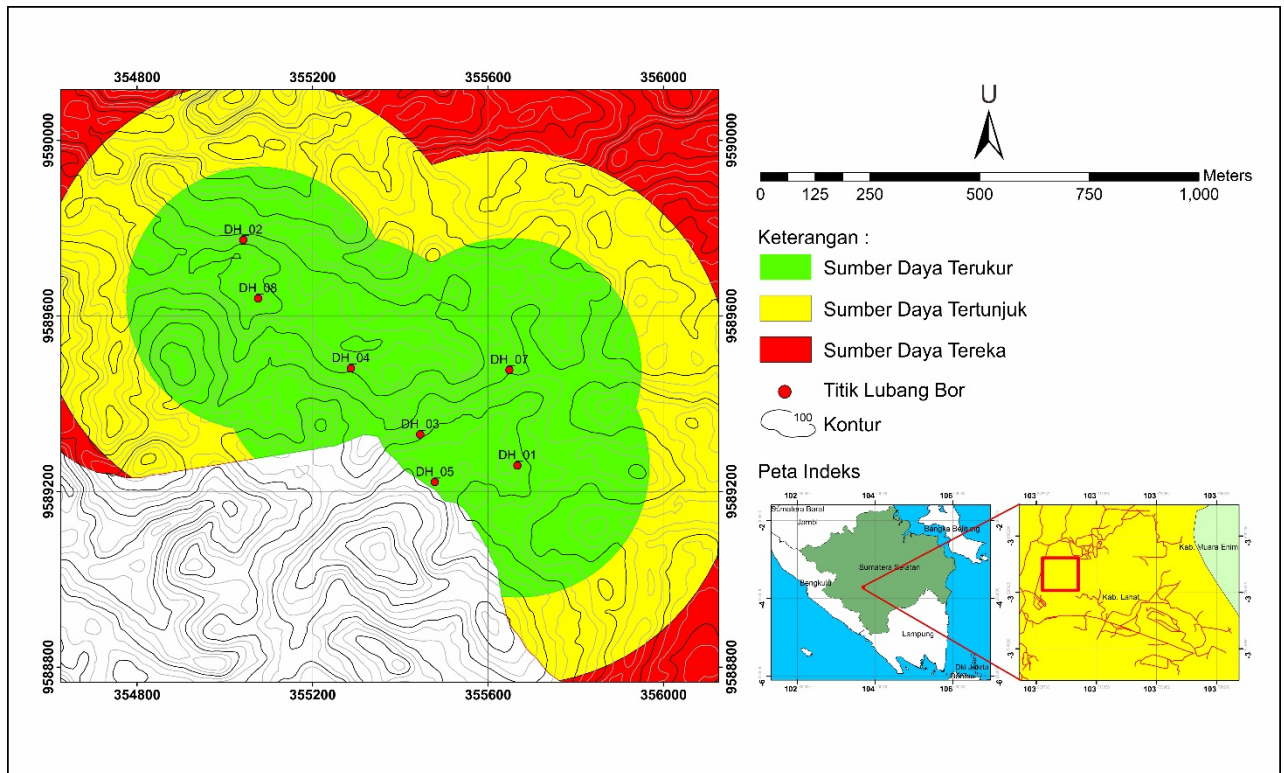
Gambar 4. Hasil Pemodelan 2D sayatan A-A',B-B',C-C'.

3.4 Estimasi Sumber Daya Batubara

Dalam rangka melakukan pengembangan UCG, total sumber daya batubara ekonomis yang diperlukan masih bersifat tentatif atau kondisional tergantung kebutuhan. Jumlah sumber daya batubara minimum yang diperlukan disesuaikan berdasarkan pemanfaatan gas pada kapasitas pembangkit listrik ataupun industri serta lamanya waktu pengoperasian. Menurut Bielowicz & Kasiński (2015) total sumber daya batubara yang tersedia agar UCG dapat berjalan dengan baik dianjurkan sekitar 2,5 hingga 3,5 juta ton per 1km².

Sumber daya batubara di daerah penelitian dihitung dengan Metode *circular* berdasarkan Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSN, 2019). Metode ini menggunakan peta persebaran batubara yang *dioverlay* oleh *grid* dan bentuk lingkaran dari kelas sumber daya batubara sesuai dengan kondisi geologi pada daerah penelitian. Berdasarkan hasil eksplorasi pada daerah penelitian, kondisi geologi daerah penelitian termasuk kedalam kelas sederhana. Sehingga jarak titik informasi berdasarkan kondisi geologi pada daerah penelitian sesuai dengan klasifikasi BSN (2019) yakni : sumber daya tereka 1.000-1.500 meter, sumber daya tertunjuk 500- 1.000 meter, dan sumber daya terukur <500 meter.

Dari hasil pemodelan yang telah dilakukan (gambar 5), diperoleh jumlah estimasi sumber daya masing-masing *seam* batubara sebagai berikut: sumber daya *seam* A1 berjumlah 21.626.896 ton, sumber daya *seam* A2 berjumlah 30.134.333 ton, sumber daya *seam* B sebesar 55.125.146 ton dan sumber daya *seam* C1 berjumlah 26.781.594 ton. Sehingga, Total sumber daya batubara adalah 133.667.971.16 ton. Dengan demikian *seam* batubara memenuhi kriteria untuk dilakukannya pengembangan gasifikasi bawah permukaan.



Gambar 5. Peta Estimasi Sumber daya Batubara Daerah Penelitian

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada tabel 3 dan tabel 4 dengan menggunakan standar ASTM untuk klasifikasi batubara, ditemukan bahwa nilai kalor batubara dari masing-masing *seam* adalah sebagai berikut: *Seam* A1 memiliki nilai kalor sebesar 13132 Btu/lb, *Seam* A2 memiliki nilai kalor sebesar 12734 Btu/lb, *Seam* B memiliki nilai kalor sebesar 12901 Btu/lb, dan *Seam* C1 memiliki nilai kalor sebesar 13085 Btu/lb. Hasil tersebut menunjukkan bahwa batubara di daerah penelitian masuk dalam kategori *High-volatile C Bituminous Coal* hingga *High-volatile B Bituminous Coal*. Kategori ini mengindikasikan bahwa batubara yang ditemukan termasuk dalam peringkat sedang yang cocok untuk teknologi UCG (*Underground Coal Gasification*).

Berdasarkan hasil pemodelan, Pola penyebaran ketiga *seam* tersebut terlihat cukup konsisten, mengarah barat laut-tenggara, dan memiliki ketebalan rata-rata sebesar 12.10m. Kedalaman lapisan batubara pada daerah penelitian telah

memenuhi kriteria untuk dilakukan teknologi UCG, pada daerah penelitian lapisan batubara menyebar pada seluruh area penelitian dengan ketebalan relatif konstan dengan lapisan batubara menerus hingga kedalaman lebih dari 300 meter. Selain itu, hasil pemodelan juga menunjukkan variasi ketebalan masing-masing *seam* pada daerah penelitian, dengan ketebalan rata-rata yang bervariasi: *seam* A1 memiliki ketebalan 6.82 meter, *seam* A2 memiliki ketebalan 15.40 meter, *seam* B memiliki ketebalan 17.37 meter, *seam* C1 memiliki ketebalan 8.82 meter, dan *seam* C2 hanya sekitar 1 meter. Dari kelima *seam* yang ada, hanya *seam* C2 yang tidak memenuhi kriteria ketebalan lapisan batubara yang diperlukan untuk teknologi UCG.

Berdasarkan hasil perhitungan sumber daya batubara daerah penelitian diperoleh estimasi jumlah sumber daya batubara untuk masing-masing *seam*, yaitu *seam* A1 sekitar 21.626.896 ton, *seam* A2 sekitar 30.134.333 ton, *seam* B sekitar 55.125.146 ton, dan *seam* C1 sekitar 26.781.594 ton. Dengan demikian, total sumber daya batubara yang dapat dimanfaatkan di daerah penelitian adalah sekitar 133.667.971 ton. Dengan demikian, batubara yang ada di lokasi penelitian memiliki karakteristik yang sesuai untuk dilakukan UCG, kecuali *seam* C2 yang tidak memenuhi kriteria yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, T. C., Kusnama, Rustandi, E., & Gafoer, S. (2010). *Geologi Lembar Lahat, Sumatra*. Bandung, Jawa Barat: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- ASTM. (2023). *D388-23 Standard Classification of Coals by Rank*. Philadelphia: ASTM International.
- Badan Informasi Geospasial. (2021, Mei 15). *Rupa Bumi Indonesia Kab. Lahat Skala 1:50.000*. Retrieved from Rupa Bumi Indonesia: <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2019). *Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumber Daya, dan Cadangan Batubara*. Jakarta: SNI.
- Barber, A., M.J. C., & Milsom, J. S. (2005). Sumatra: geology, resources and tectonic evolution. *Geological Society Memoir No. 31*, 1-290.
- Bielowicz, B., & Kasiński, J. (2015). The possibility of underground gasification of lignite from Polish deposits. *International Journal of Coal Geology*, 191-205.
- Burton, E, Friedmann, J, & Upadhye, R. (2006). *Best Practices in Underground Coal Gasification*. Livermore: Livermore National Laboratory.
- Dwitama, E., Ramdhani, M., & Ulfa, R. (2021). Evaluasi Pendahuluan Potensi Underground Coal Gasification di Cekungan Sumatera Selatan: Studi Kasus Batubara Formasi Muara Muara Enim. *Buletin Sumber Daya Geologi Vol. 16 No.2*, 83-97.
- Dwitama, E., Ramdhani, M., Firmansyah, F., & Purnomo, W. (2017). Evaluasi Potensi Batubara Untuk Underground Coal Gasification Pada Lubang Bor JWT-02, Daerah Ampah, Kabupaten Barito Timur, Provinsi Kalimantan Tengah. *Buletin Sumber Daya Geologi Volume 12 Nomor 3*, 184-192.
- Mijbouw, S. (1978). *Geological Map the South Sumatra Coal Province Scale 1: 250.000*.
- Pemerintah Indonesia. (2020). *Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 109 Tahun 2020 tentang Perubahan Ketiga atas Peraturan Presiden Nomor 3 Tahun 2016 tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Portal Indonesia Geospatial. (2021, Mei). *DEMNAS Lembar 1012-13*. Retrieved from DEMNAS: <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>
- Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi. (2020). *Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral, Batubara dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2020*. Bandung: Kementrian ESDM.
- USGS. (1983). *Coal Resource Classification System of the U.S. Geological Survey*. Denver: U.S. Geological Survey publications.