

Artikel**Estimasi Sumberdaya Batubara berdasarkan Metode Polygon DI PT Bumi Indo Power, Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi**Imam Baihaki¹, Muhammad El Hakim*, dan Jarot Wiratama¹, Ridho Yovanda²¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia² Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Prabumulih, Sumatera Selatan, Indonesia

* Korespondensi: elhakim@unja.ac.id

Abstrak : Batubara merupakan salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar yang nantinya akan menghasilkan listrik, dan juga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan industri lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan akan energi yang semakin tinggi maka diperlukan upaya eksplorasi guna menemukan sumberdaya batubara baru yang potensial untuk dilakukan eksploitasi. PT. Bumi Indo Power telah melakukan kegiatan eksplorasi berupa pemboran guna menjaga keberlangsungan kegiatan penambangan. Terdapat 7 data bor pada blok A area penambangan milik PT. Bumi Indo Power yang akan digunakan dalam perhitungan sumberdaya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan estimasi sumberdaya dan mengetahui jumlah tonase sumberdaya terukur batubara pada daerah penelitian. Metode estimasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode poligon. Perhitungan sumberdaya dengan menggunakan metode poligon merupakan metode konvensional dengan menggunakan nilai titik data sebagai sentral data untuk mewakili area pengaruh. Perhitungan sumberdaya menggunakan metode poligon membutuhkan area-area yang nantinya akan di wakili oleh setiap data dari lubang bor, atau dikenal dengan nama area poligon. Dalam metode poligon, setiap lubang bor terletak di tengah sebuah poligon. Poligon tersebut dibentuk sedemikian rupa sehingga batasnya selalu berjarak sama dari lubang bor terdekat lainnya. Dalam perhitungan estimasi sumberdaya menggunakan metode polygon diawali dengan menentukan batas-batas untuk setiap area titik bor, kemudian menghitung luasan area pengaruh dan dikalikan dengan ketebalan setiap titik bor yang ada dalam area poligon, maka akan didapatkan volume dari setiap area pengaruh. Untuk mendapatkan jumlah tonase dari batubara dengan cara volume batubara dikalikan dengan nilai berat jenis batubara yang dimiliki. Dari perhitungan menggunakan metode polygon ini, didapatkan total estimasi sumberdaya terukur batubara pada daerah penelitian sebesar 28.822,85 ton.

Kata kunci: Batubara, eksplorasi, poligon, potensi, sumber daya.

Abstract : Coal is one of the energy sources that can be utilized as fuel to generate electricity and can also be used for other industrial purposes. To meet the growing demand for energy, exploration efforts are necessary to discover new potential coal resources for future exploitation. PT. Bumi Indo Power has conducted exploration activities in the form of drilling to ensure the continuity of mining operations. There are 7 drill hole data points in Block A of PT. Bumi Indo Power's mining area that will be used in the resource estimation. This study aims to estimate resources and determine the tonnage of measured coal resources in the study area. The estimation method used in this research is the polygonal method. Resource estimation using the polygonal method is a conventional approach that uses point data values as central references to represent areas of influence. This method requires defining areas that will be represented by each borehole data point, commonly known as polygonal areas. In the polygonal method, each borehole is located at the center of a polygon. The polygon is constructed so that its boundary is always equidistant from the nearest neighboring borehole. The estimation process begins with defining the boundaries for each borehole area, then calculating the area of influence and multiplying it by the thickness of the coal seam at each borehole within the polygon. This yields the volume of each influence area. To calculate the coal tonnage, the coal volume is multiplied by its specific gravity. From the calculation using the polygonal method, the total estimated measured coal resource in the study area is 28,822.85 tons.

Keyword: Coal, exploration, polygon, potential, resources.**PENDAHULUAN**

Energi secara umum dikenal sebagai tanda yang sangat penting bagi pertumbuhan ekonomi dan perkembangan masyarakat dunia. Tingkat penggunaan energi menunjukkan seberapa jauh perkembangan industri dan aktifitas kehidupan didalamnya [1]. Salah satu tantangan yang dihadapi dunia saat ini adalah jutaan orang hidup tanpa sumber energi yang memadai, sebanyak 675 juta masyarakat dunia hidup dalam kegelapan tanpa adanya akses terhadap energi listrik [2]. Batubara merupakan salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar yang nantinya akan menghasilkan listrik, dan juga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan industri lainnya. Potensi batubara di Indonesia yang begitu besar dan bisa menjadi alternatif energi yang relatif murah dan mudah di proses untuk di memenuhi kebutuhan seiring terus bertambahnya kebutuhan energi mengikuti perkembangan dalam dunia industri.

Untuk memenuhi kebutuhan akan energi yang semakin tinggi maka diperlukan upaya eksplorasi guna menemukan sumberdaya baru yang potensial untuk dilakukan eksploitasi. Kegiatan eksplorasi penting dilaksanakan agar proses penambangan yang berkelanjutan dapat terus berjalan, sehingga kebutuhan akan batubara saat ini dan di masa yang akan datang tetap terpenuhi. Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri [3]. Sumberdaya batubara ini dibagi dalam kelas-kelas sumberdaya berdasarkan tingkat keyakinan geologi yang ditentukan secara kualitatif oleh kondisi geologi/tingkat kompleksitas dan secara kuantitatif oleh jarak titik informasi. Sumber daya mineral adalah inventarisasi realistis dari mineralisasi yang, di bawah asumsi kondisi teknis dan ekonomi yang dapat dipertanggungjawabkan, seluruhnya atau sebagian, mungkin dapat diekstraksi secara ekonomis [4].

Dalam estimasi sumberdaya dibutuhkan data bor dalam jumlah dan jarak tertentu sesuai dengan tingkat keyakinan data yang diinginkan. Data hasil pengeboran juga menentukan metode yang akan dipakai dalam melakukan perhitungan estimasi sumberdaya, semakin banyak data hasil pengeboran yang digunakan, maka gambaran endapan batubara pada daerah tersebut akan semakin jelas. Terdapat banyak metode perhitungan estimasi sumberdaya batubara, salah satu cara dengan menggunakan metode polygon, karena metode ini cocok untuk melakukan perhitungan dalam waktu yang singkat. Menurut Adrian (2018), Perhitungan estimasi sumberdaya dengan menggunakan metode polygon merupakan metode konvensional dengan menggunakan nilai titik data sebagai sentral data untuk mewakili area pengaruh [5]. Penggunaan metode poligon dalam estimasi sumberdaya batubara telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti syahrani pada tahun 2024 [6]. Penelitian estimasi sumberdaya batubara dengan metode poligon menggunakan data juga telah dilakukan di pada area penambangan batubara daerah Musi Rawas Utara oleh erisendi pada tahun 2022. Hasil penelitian menunjukkan metoda poligon mampu melakukan estimasi dan membagi sumberdaya batubara dalam klasifikasi sumberdaya tereka, sumberdaya tertunjuk dan sumberdaya terukur dalam satuan tonase [7].

Perhitungan estimasi sumberdaya dengan menggunakan metode polygon merupakan metode konvensional dengan menggunakan nilai titik data sebagai sentral data untuk mewakili area pengaruh. Dalam metode polygon pada suatu area yang berada di tengah-tengah polygon yang sering disebut daerah pengaruh (area influence) dengan membagi dua antara jarak satu titik dengan titik lainnya dan menarik garis sehingga membentuk suatu batas-batas area pengaruh untuk setiap titik. Sebagai satu polygon memiliki ketebalan yang konstan dengan ketebalan titik bor yang berada di dalam area pengaruh [5]. Dalam metode polygon pada suatu area yang berada di tengah-tengah polygon yang sering disebut daerah pengaruh (area influence) dengan membagi dua antara jarak satu titik dengan titik lainnya dan menarik garis sehingga membentuk suatu batas-batas area

pengaruh untuk setiap titik. Sebagai satu polygon memiliki ketebalan yang konstan dengan ketebalan titik bor yang berada di dalam area pengaruh (polygon).

METODE PENELITIAN

a. Data Penelitian

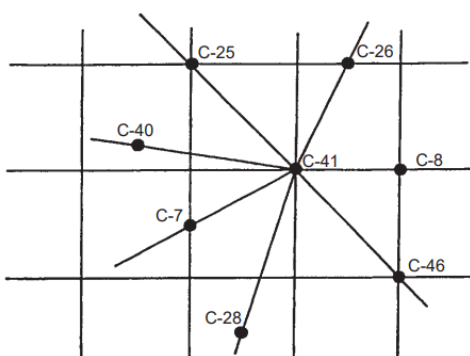
Penelitian dilaksanakan pada PT. Bumi Indo Power yang beralamat di Desa Lubuk Bernai, Kecamatan Batang Asam, Kabupaten Tanjung Barat, Provinsi Jambi. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa data hasil pemboran dari 7 titik bor yang tersebar di Blok A PT Bumi Indo Power, dengan jarak $\pm 1.338\text{m}$ dari lokasi kegiatan penambangan pada Pit B Blok J PT Bumi Indo Power. Data sekunder yang digunakan berupa data geologi lokal daerah penelitian, data topografi dan data citra satelit daerah penelitian.

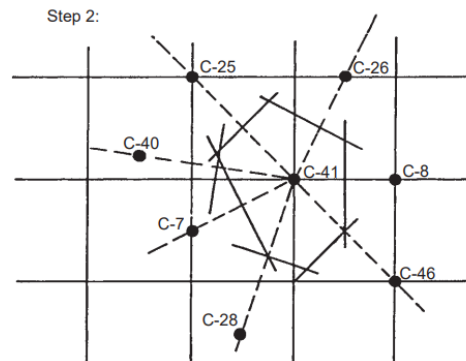
b. Area Poligon

Perhitungan sumberdaya menggunakan metode poligon membutuhkan area-area yang nantinya akan di wakili oleh setiap data dari lubang bor, atau dikenal dengan nama area poligon. Setiap area yang terbentuk nantinya akan di estimasikan sesuai dengan data bor yang terdapat didalamnya. Dalam metode poligon, setiap lubang bor terletak di tengah sebuah poligon. Poligon tersebut dibentuk sedemikian rupa sehingga batasnya selalu berjarak sama dari lubang bor terdekat lainnya. Di dalam poligon, nilai sumberdaya diasumsikan konstan dan sama dengan kadar dari lubang bor yang ada di dalamnya. Ketebalan poligon juga dianggap konstan dan sama dengan ketebalan bahan galian berdasarkan data bor [8]. Area poligon dibuat berdasarkan garis tengah dari jarak setiap sampel yang berdekatan seperti yang terlihat pada gambar 1. Untuk langkah-langkah proses pembuatan poligon hingga perhitungan sumberdaya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Untuk setiap lubang bor ditentukan suatu batas daerah pengaruh yang dibentuk oleh garis-garis penghubung antara titik terdekat disekitarnya
- 2) Garis-garis tersebut diekstensikan sejauh setengah jarak dari titik-titik disekitarnya yang membentuk suatu daerah pengaruh
- 3) Masing-masing daerah/blok yang diperlukan sebagai satu polygon yang mempunyai ketebalan yang konstan yaitu sama dengan ketebalan titik bor di dalam polygon tersebut
- 4) Menentukan luas daerah/blok (m^2) yang akan dihitung dengan sumberdaya batubara
- 5) Kemudian mencari volume endapan batubara (m^3) dengan cara mengalikan luas daerah (m^2) dengan ketebalan endapan batubara (m) pada daerah/blok tersebut.
- 6) Kemudian didapat berat sumberdaya batubara (ton) dengan cara mengalikan volume batubara (m^3) dengan berat jenis batubara
- 7) Demikian juga perhitungan sumberdaya batubara pada blok-blok yang lainnya, sehingga didapatkan sumberdaya endapan batubara pada suatu daerah

Step 1:





Gambar 1. Proses pembuatan area poligon

c. Proses perhitungan / estimasi sumberdaya

Dalam perhitungan estimasi sumberdaya menggunakan metode polygon diawali dengan menentukan batas-batas untuk setiap area titik bor, kemudian menghitung luasan area pengaruh dan dikalikan dengan ketebalan setiap titik bor yang ada dalam area poligon, maka akan didapatkan volume dari setiap area pengaruh. Untuk mendapatkan jumlah tonase dari batubara dengan cara volume batubara dikalikan dengan nilai berat jenis batubara yang diasumsikan 1,3 ton/m³. Sebelum melakukan perhitungan dengan metode polygon terlebih dahulu diketahui variabel yang mempengaruhi perhitungan, diantaranya:

- 1) Luas blok/polygon yang akan dihitung.
- 2) Ketebalan endapan batubara pada lubang bor yang terletak pada blok yang akan dihitung sumberdaya batubaranya.

Menurut Waterman (2018), Tonase total dari masing-masing daerah pengaruh dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9].

1) Perhitungan Tonase Batubara

$$T = t \times a \times \gamma$$

Keterangan :

T =Tonase (Ton)

t = Tebal lapisan setiap lubang bor (m)

a = Luas daerah pengaruh (m²)

γ = berat jenis (ton/m³)

2) Perhitungan Tonase Keseluruhan

$$T_{total} = TA + TB + TC + \dots + T_n$$

Keterangan :

T_{total} = Tonase keseluruhan

TA = Tonase daerah pengaruh A

TB = Tonase daerah pengaruh B

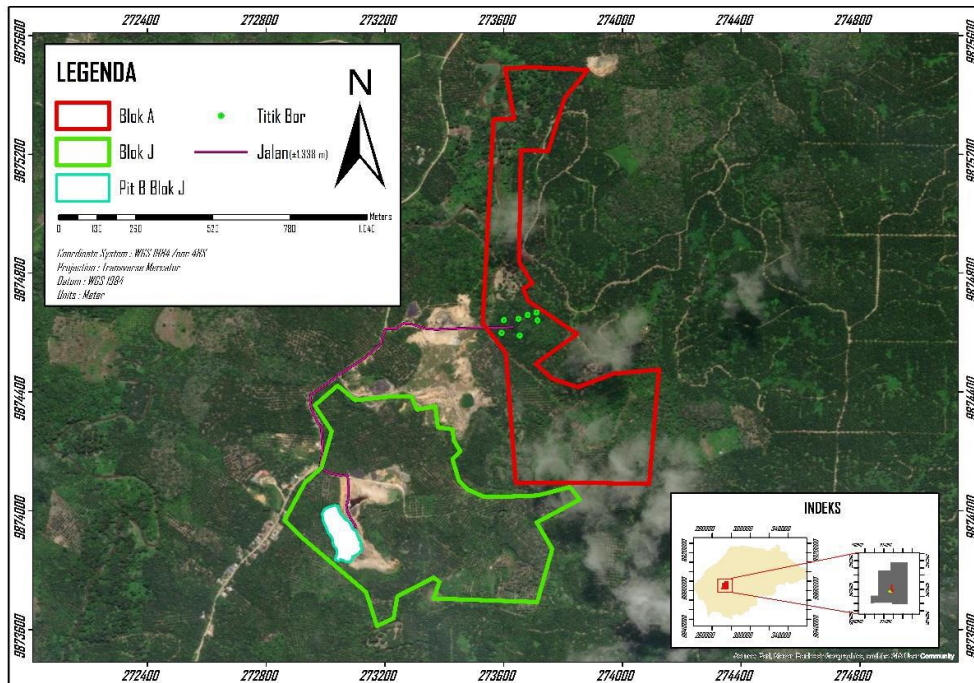
TC = Tonase daerah pengaruh C

T_n = Tonase daerah pengaruh ke-n

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data dalam penelitian ini menggunakan data dari kegiatan pemboran dengan jarak ± 1.338 m dari lokasi kegiatan penambangan di sebuah perusahaan penambangan batubara. Tujuan kegiatan pemboran adalah untuk meningkatkan produksi dan efisiensi eksploitasi batubara yang telah ditemukan. Dalam pemboran tersebut dapat diketahui kedalaman batubara dan tebal batubara

maupun arah penyebaran dan kemiringan batubara yang ada di daerah penelitian. Terdapat 7 titik pemboran yang tersebar pada Blok A seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sebaran titik bor

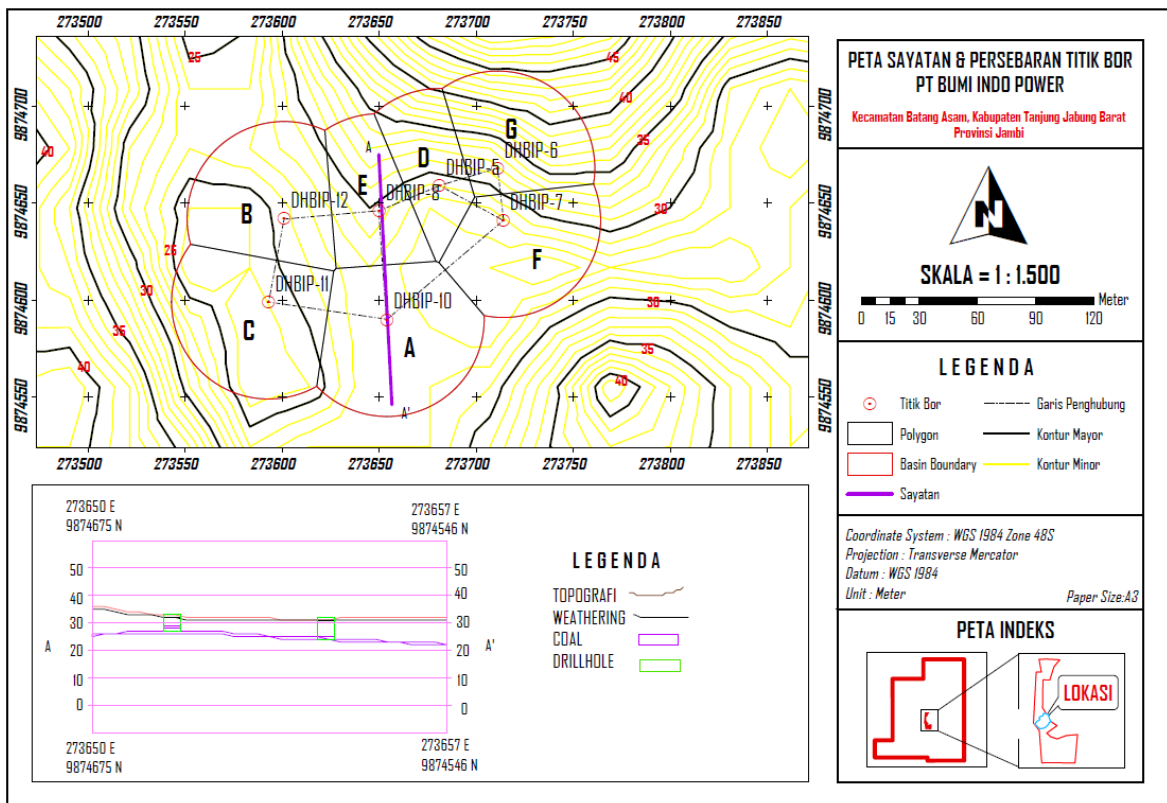
Sistem pemboran yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemboran *touch coring*, dimana sistem ini efektif digunakan dalam kegiatan eksplorasi batubara. Sampel yang dihasilkan dari pemboran terdiri dari 2 jenis sampel yaitu berupa *coring* dan *cutting*. Metode pengambilan sampel berbasis pemboran kini digunakan secara rutin, terutama untuk evaluasi endapan mineral skala besar di mana diperlukan data yang melimpah dari bagian-bagian endapan yang sebaliknya tidak dapat diakses. Sampel *coring* maupun *cutting* hasil pemboran diangkat ke permukaan dan diambil sampelnya untuk analisis kualitas dan sifat material tanah penutup dan batubara. *Coring* ataupun *cutting* hasil pemboran memberikan informasi penting mengenai bagian endapan yang tidak dapat diakses secara langsung, dan paling informatif serta representatif ketika arah pemboran membentuk sudut besar terhadap arah (bidang) kontinuitas mineralisasi terbesar [10]. Sampel yang dihasilkan dari alat bor akan dideskripsikan sehingga mengetahui jenis material yang diambil, dilengkapi dengan catatan dari kedalaman sampel, koordinat, serta kode lubang bor. Data ini nantinya akan digunakan dalam proses estimasi sumberdaya dengan metode poligon. Data pemboran yang diperoleh dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Data hasil pemboran

Drill hole	X	Y	Z	Depth from	Depth TO	Rock Type
DHBIP-5	273681	9874659	23.715	1	1	Weat
DHBIP-5				9,95	11,05	Seam
DHBIP-6	273711	9874668	25.806	1	1	Weat
DHBIP-6				7,25	7,67	Seam
DHBIP-7	273714	9874641	21,965	1	1	Weat

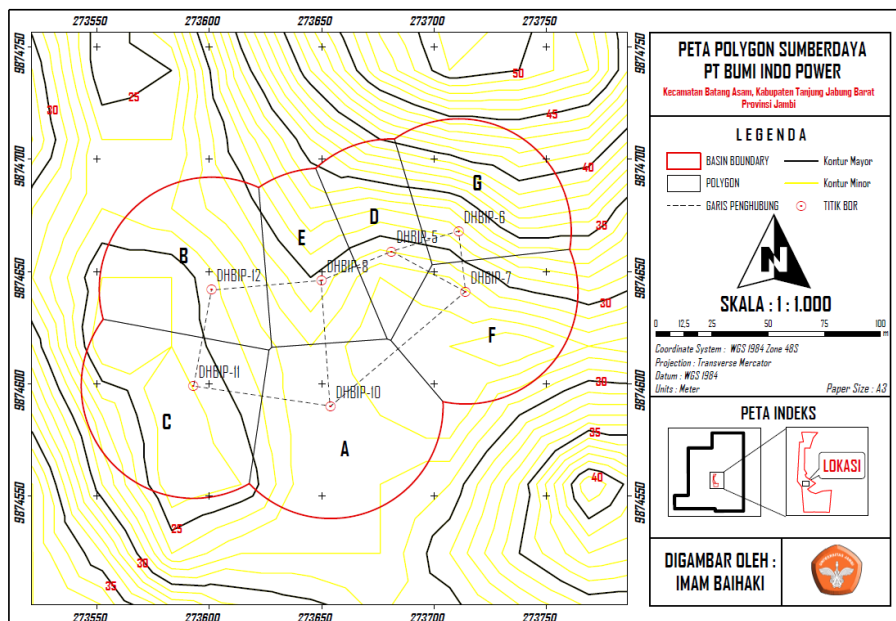
DHBIP-7				9,2	9,98	Seam
DHBIP-8	273650	9874646	22,875	1	1	Weat
DHBIP-8				4,35	5,25	Seam
DHBIP-10	273654	9874590	21,643	1	1	Weat
DHBIP-10				6,95	7,55	Seam
DHBIP-11	273593	9874599	17,012	1	1	Weat
DHBIP-11				8,8	9,65	Seam
DHBIP-12	273601	9874642	19,785	1	1	Weat
DHBIP-12				13,1	14,09	Seam

Dari pengamatan yang dilakukan dilapangan ditemui adanya sesar pada daerah penelitian, sehingga berdasarkan kondisi geologi kondisi daerah penelitian termasuk dalam kategori moderat. Pada sayatan yang dibuat melintang dari titik A ke A' terdapat sesar yang ditandai dengan warna hijau seperti yang terlihat pada gambar 3. Pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 5015:2019 tentang Pelaporan sumberdaya dan cadangan batubara, untuk sumberdaya terukur membutuhkan jarak data maksimal 500 m pada kondisi geologi sederhana, 250 m pada kondisi geologi moderat dan tidak lebih dari 100 m pada kondisi geologi kompleks [11]. Pada daerah penelitian pengeboran dilakukan dengan jarak rata-rata antar lubang bor adalah 50 m. Dengan kondisi geologi daerah penelitian dalam kategori moderat dan jarak sampel tidak lebih dari 250 m maka telah memenuhi ketentuan untuk perhitungan sumberdaya terukur. Dengan data yang jauh lebih rapat dari ketentuan diharapkan hasil estimasi sumberdaya menjadi lebih akurat.



Gambar 3. Peta sayatan dan sebaran titik bor pada daerah penelitian

Metode polygon menetapkan suatu area terhadap titik pengukuran yang merupakan fungsi dari jarak ke titik-titik pengukuran terdekat di sekitarnya. Sebuah poligon dibentuk dengan menghubungkan titik-titik tengah antara titik pengukuran dengan titik-titik di sekelilingnya, sehingga titik pengukuran awal menjadi pusat dari poligon tersebut. Setelah ditentukan titik tengah dari setiap data bor yang berdekatan selanjutnya setiap titik tengah tersebut dihubungkan membentuk garis poligon. Garis-garis poligon ini akan membentuk area-area poligon yang mana setiap area diwakili oleh 1 titik data bor seperti yang terlihat pada gambar 4. Kelemahan penggunaan metode poligon adalah jika lubang bor dalam suatu endapan tersebar secara luas dan tidak teratur, maka beberapa titik pengukuran dapat memberikan pengaruh yang berlebihan dalam perhitungan sumberdaya. Selain itu, lubang bor yang tersebar jarang menyebabkan ketidakpastian terhadap kontinuitas lapisan batubara. Poligon yang dibentuk dari titik data yang jarang tidak memberikan gambaran akurasi hasil perhitungan, sehingga memungkinkan perbedaan yang signifikan antara cadangan yang sebenarnya dan yang dihitung. Untuk meminimalisir kesalahan maka dapat dilakukan dengan membuat zona cadangan yang mencakup beberapa titik pengukuran, menghitung luas zona tersebut, lalu menggunakan ketebalan rata-rata atau rerata berbobot dari lapisan batubara untuk setiap zona [12].



Gambar 4. Model poligon yang dibentuk sesuai sebaran data bor

Dalam perhitungan sumberdaya batubara perlu di pastikan ketebalan yang digunakan adalah ketebalan sebenarnya. Dalam proses pemboran seringkali ketebalan yang di dapat adalah ketebalan semu. Ketebalan semu (*apparent thickness*) adalah ketebalan lapisan batubara yang diukur langsung secara vertikal pada hasil pemboran atau penampang geologis, tanpa mempertimbangkan sudut kemiringan lapisan batubara tersebut. Ketebalan sebenarnya (*true thickness*) adalah ketebalan tegak lurus terhadap bidang perlapisan batubara, nilai ketebalan ini menunjukkan tebal yang sebenarnya dari lapisan batubara dalam arah geometrisnya. Terdapat 7 data bor yang digunakan dalam pemodelan estimasi sumberdaya pada penelitian ini. Semua data bor ini menghasilkan ketebalan semu saat pengukuran di lapangan, sehingga perlu dilakukan konversi untuk mendapatkan ketebalan sebenarnya dengan perhitungan sebagai berikut.

$$t = w \cos(\theta)$$

Dimana: t = Ketebalan sebenarnya

w = Ketebalan semu

θ = dip lapisan batubara

Dip dari batubara pada daerah penelitian adalah sebesar 6^0 dan digunakan untuk mendapatkan ketebalan sebenarnya sesuai dengan rumus di atas. Dengan asumsi berat jenis batubara daerah penelitian sekitar $1,3 \text{ ton/m}^3$ dan di masukan dalam pemodelan poligon yang telah dibuat sebelumnya, maka didapatkan data sumberdaya Batubara sesuai tabel berikut.

Tabel 2. Hasil estimasi sumberdaya batubara

Polygon	Luas (m^2)	Ketebalan semu (m)	Ketebalan Sebenarnya (m)	Berat Jenis	Batubara (ton)
A	5.446,95	0,6	0,59	1,3	4,177,81
B	4.569,98	0,99	0,98	1,3	5,822,15
C	5.153,04	0,85	0,84	1,3	5,627,12
D	2.501,49	1,1	1,09	1,3	3,544,61
E	2.969,15	0,9	0,89	1,3	3,435,31
F	4.182,45	0,78	0,77	1,3	4,186,63
G	3.807,15	0,42	0,41	1,3	2.029,21
Total Estimasi Sumberdaya Batubara			28.822,85		

Perhitungan Estimasi Sumberdaya batubara menggunakan perhitungan luas polygon, sehingga perhitungan ini tergantung pada ketebalan sebenarnya, luas area pengaruh dan berat jenis batubara disetiap polygon. Berdasarkan model polygon dan data hasil pemboran dari daerah penelitian didapatkan total estimasi sumberdaya batubara sebesar 28.822,85 ton. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 5015:2019, dengan kondisi geologi moderat dan jarak rata-rata antar sampel pada penelitian ini sekitar 50 meter, maka sumberdaya yang didapatkan diklasifikasikan sebagai sumberdaya terukur. Karakteristik batubara yang tidak terlalu kompleks dengan homogenitas yang cukup tinggi dari sisi ketebalan dan kualitas membuat penggunaan metode polygon menjadi efektif dalam estimasi sumberdaya batubara. Namun metode ini tidak efektif untuk bahan galian dengan variasi geologi yang tinggi, seperti sebaran kadar yang tidak merata. Hal ini dikarenakan metode polygon tidak menggunakan analisis statistic ataupun variogram yang mendalam seperti pada metode kriging atau inverse distance.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di dapatkan bahwa metode poligon efektif digunakan dalam perhitungan sumberdaya untuk bahan galian batubara karena karakteristik batubara yang memiliki tingkata homogenitas yang tinggi. Perhitungan Estimasi Sumberdaya batubara menggunakan perhitungan luas polygon tergantung pada ketebalan sebenarnya, luas area pengaruh dan berat jenis batubara disetiap polygon. Setelah dilakukan pemodelan poligon dan perhitungan pada daerah penelitian didapatkan nilai sumberdaya tereka batubara sebesar 28.822,85 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. H. Khan, *Non Conventional Energy Resources*, 3rd ed. Chennai: Mc-Graw Hill Education, 2016.

- [2] “Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all.” Accessed: Jul. 20, 2025. [Online]. Available: <https://sdgs.un.org/goals/goal7>
- [3] W. Scott. Dunbar, *How mining works*. USA: Society for Mining, Metallurgy & Exploration, 2016.
- [4] C. J. Moon, M. E. G. Whateley, and A. M. Evans, *Introduction to Mineral Exploration Second Edition*. USA: BlackWell Publishing, 2006.
- [5] D. Adrian and B. S. Mulyatno, “Identifikasi Dan Estimasi Sumber Daya Batubara Menggunakan Metode Poligon Berdasarkan Intepretasi Data Logging Pada Lapangan ”Ada”, Sumatera Selatan,” *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, vol. 4, no. 1, pp. 73–87, Jan. 2020, doi: 10.23960/jge.v4i1.8.
- [6] P. R. Syaharani and I. Idarwati, “Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Metode Poligon dan Metode Circular USGS pada daerah Pit 3 Timur, Banko Tengah, PT. Bukit Asam Tbk.,” *Jurnal Penelitian Sains*, vol. 26, no. 1, p. 77, Apr. 2024, doi: 10.56064/jps.v26i1.928.
- [7] M. Deva Erisendy, Y. Zulkurnia Rochmana, and E. Wiwik Dyah Hastuti, “Pemodelan dan Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Metode Circular pada Daerah Beringin Makmur II, Kabupaten Musi Rawas Utara,” *Promine*, vol. 10, no. 2, pp. 44–50, 2022.
- [8] W. Hustrulid, M. Kuchta, and R. Martin, *OPEN PIT MINE PLANNING & DESIGN 1. FUNDAMENTALS 3 RD EDITION*. CRC Press, 2013.
- [9] W. S. Bargawa, *Perencanaan Tambang*, 8th ed. Kilau Book, 2018.
- [10] J. S. Alastair and G. H. Blackwell, *Applied Mineral Inventory Estimation*. United Kingdom: Cambridge University press., 2004.
- [11] Badan Standarisasi Nasional, “” Standar Nasional Indonesia: Pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya, dan cadangan batubara,” 2019. [Online]. Available: www.bsn.go.id
- [12] Larry. Thomas, *Coal geology*, 2nd ed. UK: John Wiley & Sons, 2013.