

PERHITUNGAN SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN BATUBARA MENGUNAKAN METODE LINGKARAN DAN METODE ELEMEN HINGGA

Hafidz Noor Fikri^{a*}

^aProgram Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
email: *hafidz@unlam.ac.id

ABSTRAK

Penyebutan perhitungan sumberdaya batubara menggunakan metode lingkaran merupakan hal yang biasa terjadi saat ini, akan tetapi sering terjadi kesalahan pemahaman mengenai konsep perhitungan nilai sumberdaya metode lingkaran dengan metode perhitungan lain dengan lingkaran sebagai pembatas perhitungan. Perhitungan metode lingkaran dibandingkan dengan metode elemen hingga dengan nilai pengaruh data berdasar pada SNI 2011 sebagai pembatas menghasilkan perbedaan nilai sumberdaya sebesar ± 300 ribu ton atau secara relatif sebesar 26.21%. Perbedaan hasil ini membuktikan bahwa penyebutan yang benar suatu metode dalam perhitungan sumberdaya adalah hal penting.

Keywords: Sumberdaya Batubara; Metode Lingkaran; *Software* Pemodelan Batubara

PENDAHULUAN

Penggunaan *software* pertambangan untuk pemodelan dan perhitungan sumberdaya menjadi hal yang penting saat ini di dalam industri pertambangan. Banyak metode perhitungan endapan yang bisa diakomodir oleh satu *software* saja. Hal ini tentu saja memerlukan pemahaman yang baik agar interpretasi nilai dan model suatu deposit menjadi baik. Konsep perhitungan klasik menggunakan pendekatan geometri sebagai acuan perhitungan, seperti metode lingkaran, metode segitiga, atau metode *cross – section* masih digunakan sebagai langkah awal perhitungan [1]. Metode – metode ini masih diaplikasikan khususnya pada endapan batubara.

Di sisi lain, perkembangan kemampuan *software* pertambangan semakin pesat, sehingga sangat baik apabila dipergunakan oleh para *engineer* dalam pemodelan dan perhitungan jumlah deposit batubara tersebut. Perhitungan tersebut haruslah sesuai dengan konsep dasar sehingga pemaknaan hasilnya menjadi baik. Perbedaan nilai dalam hasil perhitungan bisa dilihat dalam penelitian ini dengan mencoba membandingkan hasil perhitungan endapan menggunakan metode lingkaran dengan perhitungan menggunakan *software* dengan pengaruh lingkaran sebagai batas perhitungannya.

METODOLOGI DAN DATA

Data yang dipakai [2] dalam penelitian adalah data ketebalan batubara hasil pemboran *touch coring* sebanyak 16 data di daerah Kalimantan Selatan. Data yang diambil diyakini merupakan satu lapisan batubara yang sama (*seam* yang sama). Secara umum, di lokasi penelitian (Gambar-1) selain batubara lapisannya merupakan *siltstone* (SL), *sandstone* (SS), dan *claystone* (CS). Pada Gambar-1 tersebut bisa dilihat ada 2 lapisan batubara, pertama pada kedalaman sekitar 15 m, dan yang kedua pada kedalaman sekitar 50 m. Nilai kemiringan batubara yang disepakati adalah 25°. Lapisan batubara yang berada relatif paling bawah dari data lubang bor (Gambar-1) merupakan data yang dihitung (lapisan kedua).

Lapisan batubara di lokasi penelitian termasuk dalam kondisi geologi moderat menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang pelaporan sumberdaya atau cadangan batubara. Penentuan kondisi geologi

berdasarkan SNI 13-6011-1999 [3] memiliki nilai parameter yang sama dengan penentuan kondisi geologi lapisan batubara menggunakan SNI 5015-2011 [4] yaitu mempertimbangkan nilai di lokasi penelitian yang memiliki ketebalan yang bervariasi, kesinambungan sedimentasi masih bisa diikuti sampai ratusan meter, terdapat beberapa percabangan, sesar yang ada tetapi jarang, serta kemiringan yang sedang. Kondisi geologi disimpulkan adalah moderat menghasilkan nilai area pengaruh yang mengindikasikan nilai sumberdaya batubara yaitu pada kategori sumberdaya terukur, $x \leq 250$; sumberdaya terunjuk, $250 \leq x \leq 500$; dan sumberdaya tereka $500 \leq x \leq 1000$, dalam satuan meter (m) (Tabel-1).

Kondisi Geologi Data Daerah Penelitian

Secara regional, lokasi data terletak di Cekungan Barito yang merupakan salah satu cekungan tersier di Kalimantan. Daerah ini umumnya mempunyai tiga formasi batuan, yaitu batuan Pra Tersier, Formasi Tanjung dan Formasi Berau. Batubara di lokasi penelitian berada pada Formasi Tanjung biasanya terdapat dalam lapisan batulempung karbonan, berwarna hitam mengkilap, kilap kaca, brittle, dengan tebal antara 0.20 m – 6.00 m.

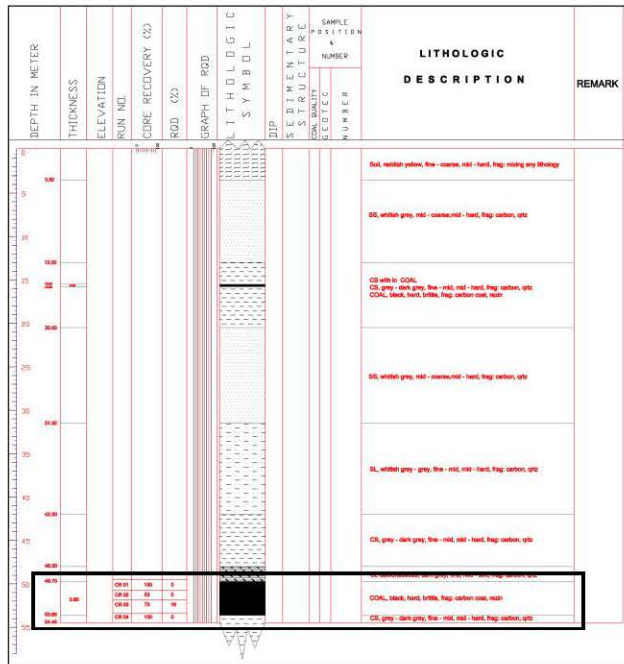
Struktur geologi yang menonjol berupa struktur homoklin dimana lapisan batuan miring seragam kearah barat laut. Sesar turun pada umumnya dijumpai dalam bentuk sesar-sesar minor dengan besar pergerakan sebesar 2.00 – 4.00 m dengan arah memanjang searah dengan jurus (*strike*) perlapisan batuan. Di beberapa lokasi sesar naik menyebabkan perlapisan batuan terpotong dan terbelokkan dan bahkan ada yang menghancurkan batubara. Di lokasi penelitian tidak terlihat adanya struktur yang mempengaruhi 16 data yang menjadi dasar perhitungan.

Endapan Batubara di Lokasi Penelitian

Endapan batubara di lokasi penelitian secara umum mempunyai bentuk berupa perlapisan, memiliki kontinuitas dan kuantitas endapan yang tinggi, serta homogenitas relatif tinggi pula. Bentuk perlapisan setiap endapan memiliki kekhasan masing-masing, sehingga pada saat pemodelan lebih detail, struktur lokal, posisi data, serta interpretasi subjektif menjadi penting.

Statistik Data

Data lubang bor yang mengenai lapisan batubara secara statistik terlihat pada histogram pada Gambar 2. Nilai ketebalan rata-rata senilai 2.55 m, dengan tebal minimum 1.60 m dan tebal maksimum 3.95 m memperlihatkan data di lokasi penelitian bervariasi. Data dianggap berada dalam satu populasi karena tidak terdapat struktur geologi yang memisahkan 16 data tersebut.



Gambar-1. Tipikal data pemboran *touch coring* yang digunakan. Lapisan batubara yang dihitung di penelitian ada pada kotak yang diberi warna hitam.

1. Metode Perhitungan Lingkaran

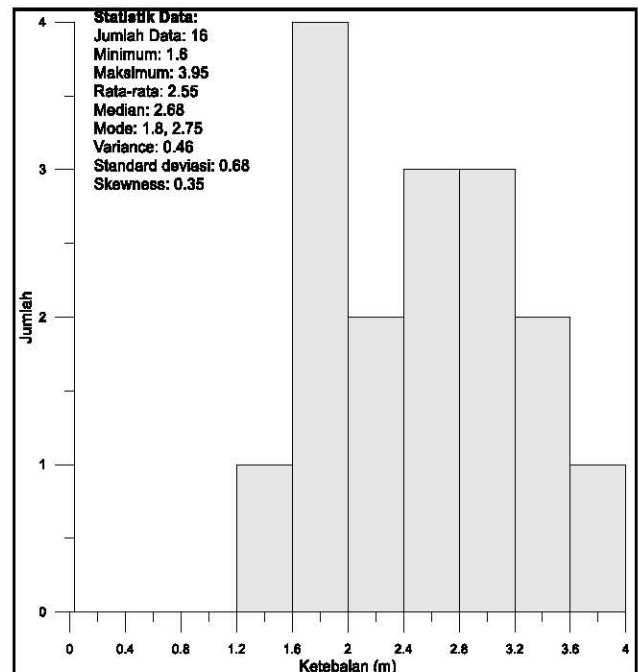
Perhitungan suatu deposit menggunakan metode lingkaran merupakan suatu metode klasik dengan cara memanfaatkan luasan lingkaran dalam pengaruh suatu data. Apabila terdapat irisan antar lingkaran maka garis berat (*voronoi*) di antara data tersebut menjadi pembatas pengaruh data tersebut [5].

Perhitungan sumberdaya batubara menggunakan metode lingkaran ini diawali oleh standar USGS Circular 891 atau standar USGS pada tahun 1983 [6], metode ini selain menggunakan lingkaran pada batasan sumberdaya juga mempertimbangkan nilai kemiringan (*dip*) lapisan batubara. Ketebalan batubara di setiap data harus memperhitungkan nilai tebal sebenarnya (*true thickness*) apabila lapisan batubara tersebut memiliki nilai *dip* yang diantara 10° dan 30° , apabila nilai *dip*nya kurang dari 10° maka ketebalan lapisannya dianggap rata (bisa menggunakan langsung ketebalan di lubang bor), dan apabila lebih dari 30° maka perhitungan area lingkaran di ketebalan tersebut menggunakan cara lain.

Penentuan ketebalan seperti ini tidak berlaku di SNI 1999 atau SNI 2011, yang tidak mempertimbangkan kemiringan lapisan, di sisi lain SNI tidak membahas metode pemodelan endapan batubara yang dilakukan. Sehingga pada metode lingkaran ini ketebalan yang dipakai adalah ketebalan hasil kegiatan pemboran. Di sisi lain, SNI membagi kondisi geologi daerah yang dihitung nilai batubaranya menjadi 3 bagian yaitu sederhana, moderat,

dan kompleks (Tabel-1), yang mana hal tersebut tidak ada pada metode USGS.

Perhitungan metode lingkaran yang dilakukan pada penelitian ini mengacu kepada SNI sebagai dasar lingkaran pembatas agar bisa dibandingkan dengan perhitungan sumberdaya menggunakan *software*, dimana model endapan yang ada terbentuk menggunakan metode tertentu. Nilai pembatas (*boundary*) yang digunakan sesuai dengan kondisi geologi moderat untuk sumberdaya terukur adalah 250 m.



Gambar-2. Histogram data ketebalan di lokasi penelitian dengan informasi statistik data tersebut.

2. Lingkaran sebagai Batas Perhitungan Sumberdaya

Saat ini penggunaan *software* pertambangan khususnya dalam pemodelan endapan mengalami kemajuan yang signifikan. Pada endapan yang bersifat berlapis, *software* sudah mempertimbangkan jenis interpolasi data ketebalan dan pengaturan urutan stratigrafi dari perlapisan yang ada.

Interpolasi data dilakukan oleh *software* menggunakan metode elemen hingga yang memakai data *roof* dan *floor* lapisan batubara. Prinsip metode elemen hingga adalah prinsip diskritisasi, yaitu membagi benda menjadi benda – benda yang berukuran lebih kecil supaya mempermudah dalam pengelolaannya [7]. Diskritisasi ini diterapkan di endapan batubara dimana endapan ditaksir secara kuantitatif mempunyai besar yang proporsional terhadap dua besaran yaitu volum dan *state variable* dalam volum tersebut. *State variable* berupa titik-titik kordinat dan posisi *roof* dan *floor* lapisan batubara. Hasil perhitungan berupa volum lapisan batubara yang merupakan hasil diskritisasi lapisan batubara yang dikenal dengan elemen hingga (*finite element*). Metode ini memungkinkan dilakukannya pemodelan endapan batubara secara menyeluruh baik itu model konseptual ataupun model matematika [8].

Hasil pemodelan dihitung volumnya dengan pembatas adalah jarak pengaruh titik menggunakan SNI. Nilai pembatas yang digunakan sama dengan nilai

pembatas yang dipakai saat perhitungan menggunakan metode lingkaran.

Tabel-1 Kriteria Area Pengaruh Menurut SNI 2011

Kondisi Geologi	Kriteria	Sumberdaya			
		Terukur	Terunjuk	Tereka	Hipotetik
Sederhana	Area Pengaruh (x) (meter)	$x \leq 500$	$500 \leq x \leq 1000$	$1000 \leq x \leq 1500$	unlimited
Moderat		$x \leq 250$	$250 \leq x \leq 500$	$500 \leq x \leq 1000$	unlimited
Kompleks		$x \leq 100$	$100 \leq x \leq 200$	$200 \leq x \leq 400$	unlimited

Keterangan: Area pengaruh yang digunakan pada penelitian ini adalah yang diberi tanda tebal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan sumberdaya terukur batubara menggunakan metode lingkaran akan dibandingkan dengan hasil perhitungan sumberdaya terukur batubara metode elemen hingga. Kedua metode tersebut memiliki nilai pembatas sebesar 250 m. Nilai densitas batubara yang dipakai adalah 1.30 ton/m³. Luasan area secara planar kedua metode tersebut sama yaitu sebesar 428 ribu m², artinya kondisi nilai pembatas di kedua metode adalah sama.

Tabel-2 Perhitungan Metode Lingkaran

No	Data Bor	Tebal Batubara (m)	Luas Area (m ²)	Luas Area (%)	Volum (m ³)	Volum (%)	Tonnase (ton/m ³)
1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	-	-	-	3 x 4	-	6 x 1.3 ton/m ³
1	DH1	2.60	9933	2.32	25827	2.33	33574
2	DH2	1.94	11955	2.79	23193	2.09	30151
3	DH3	1.60	11791	2.75	18866	1.70	24526
4	DH4	1.80	9729	2.27	17513	1.58	22766
5	DH5	2.75	12241	2.86	33664	3.03	43763
6	DH6	2.08	13120	3.06	27291	2.46	35478
7	DH7	2.90	18048	4.21	52340	4.71	68042
8	DH8	2.05	15765	3.68	32318	2.91	42013
9	DH9	2.75	25847	6.04	71079	6.40	92403
10	DH10	3.10	79193	18.49	245500	22.11	319150
11	DH11	1.80	96489	22.53	173680	15.64	225784
12	DH12	3.30	32062	7.49	105803	9.53	137544
13	DH13	2.00	8063	1.88	16126	1.45	20964
14	DH14	3.95	9240	2.16	36500	3.29	47449
15	DH15	3.25	29665	6.93	96410	8.68	125334
16	DH16	2.97	45128	10.54	134030	12.07	174238
Total			428270	100.00	1110138	100.00	1357779

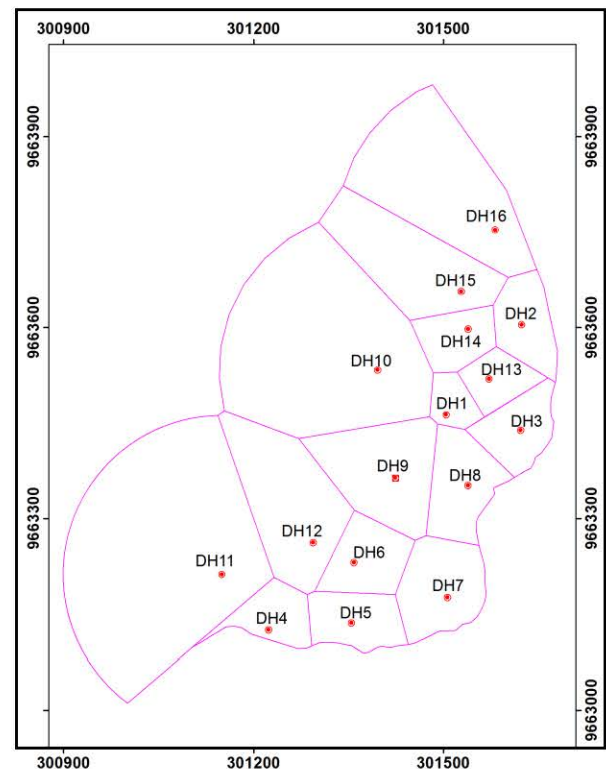
Perhitungan metode lingkaran (Tabel-2 dan Gambar-3) menghasilkan nilai sumberdaya terukur batubara sebesar 1.35 juta ton. Perhitungan metode elemen hingga menghasilkan nilai sumberdaya terukur batubara sebesar 1.04 juta ton. Model lapisan yang terbentuk dari metode elemen hingga secara tipikal bisa dilihat pada Gambar-4.

Pembahasan

Metode lingkaran yang hasil sumberdayanya lebih besar daripada metode elemen hingga sangat dipengaruhi oleh pengaruh ketebalan lapisan batubara dan area yang dicovernya. Sejumlah 16 data ketebalan yang dihitung, 9 (DH1, DH5, DH7, DH9, DH10, DH12, DH14, DH15, dan DH16) diantaranya lebih besar dari ketebalan rata – rata data sedangkan 7 sisanya, ketebalannya berada di bawah ketebalan rata-rata (Gambar-2).

Sebanyak 5 (DH9, DH10, DH12, DH15, dan DH16) diantara 9 data yang ketebalannya di atas ketebalan rata-rata mempunyai cakupan area yang besarnya di atas cakupan area rata – rata (6.25 m²) yang apabila

dijumlahkan mencakup area sebesar 58.81%, sedangkan data ketebalan yang nilai ketebalannya di bawah ketebalan rata – rata yang memiliki cakupan area di bawah nilai rata – rata hanya pada DH11 dengan ketebalan 1.80 m dan cakupan areanya adalah 15.64%.



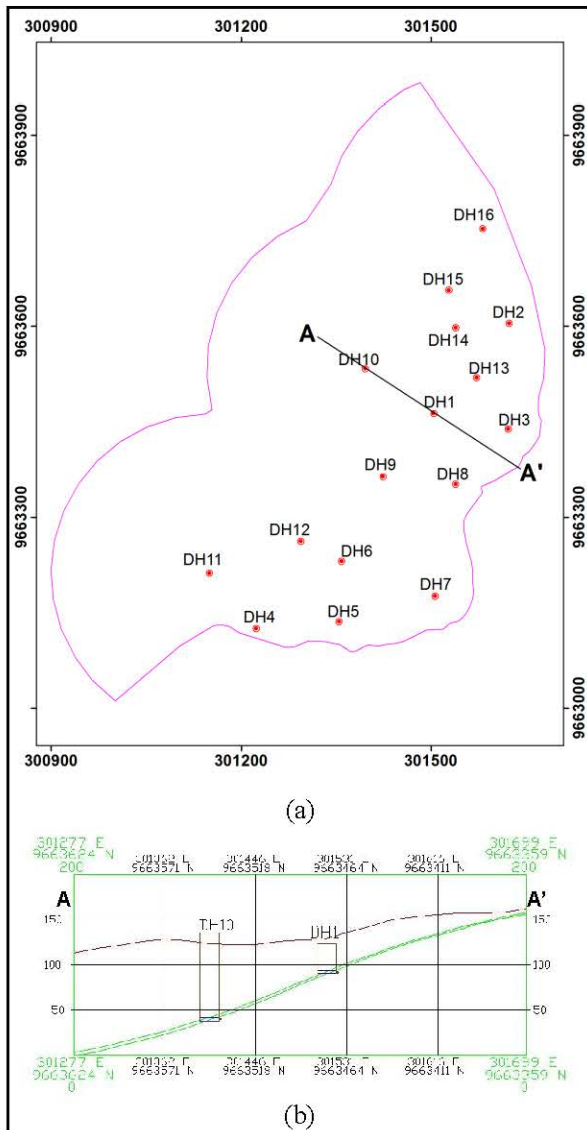
Gambar-3. Daerah Pengaruh Metode Lingkaran

Secara spasial, perhitungan menggunakan metode lingkaran dengan pengaruh area 250 m, menghasilkan nilai yang sangat dipengaruhi oleh titik – titik terluar (titik yang ke arah *down dip*). Data terluar di lokasi penelitian ini sebagian besar memiliki ketebalan di atas ketebalan rata – rata sehingga perhitungan nilai sumberdayanya menjadi lebih besar dibandingkan perhitungan metode elemen hingga.

Perhitungan menggunakan metode elemen hingga mengubah data menjadi benda yang berukuran lebih kecil atau diistilahkan dengan nama *grid*. Grid yang diolah menggunakan empat titik, nilai radius pencariannya sebesar 400 m. Nilai 400 m dianggap cukup apabila dilakukan grid terhadap 4 titik yang ada berdasarkan jarak antar titik bor yang cukup dekat. Pada *grid* yang diolah, dilakukan interpolasi *bilinear* agar menjamin data yang mempengaruhi grid tersebut. Pendekatan *grid* hasil metode elemen hingga kemudian menggunakan interpolasi bilinear ini menghasilkan model endapan yang bersifat *smooth* (lambut) mendekati titik terdekat data.

Hasil Sumberdaya batubara terukur yang berbeda antara metode lingkaran dan metode elemen hingga yang mencapai 300 ribu ton secara relatif 26.21% membuktikan bahwa perbedaan metode perhitungan sangat berpengaruh kepada nilai yang dihasilkan. Pemahaman dasar tentang metode lingkaran dan lingkaran sebagai nilai batas perlu diperkuat agar hasil yang diperoleh sesuai dengan metode yang digunakan. Metode lingkaran memiliki kelebihan yaitu metode tersebut perhitungannya sangat cepat dan tidak memerlukan *software* yang khusus, sedangkan

metode elemen hingga sangat bergantung kepada kemampuan *software* dalam perhitungannya, serta memerlukan waktu yang relatif lebih lama dalam proses perhitungannya. Di sisi lain metode elemen hingga ini memiliki kelebihan yaitu bisa menghasilkan model endapan dengan cukup baik.



Gambar-4. (a) Daerah Pengaruh Metode Elemen Hingga dan Sayatan A – A'. (b) Penampang (A – A') Lapisan Batubara Hasil Pemodelan Metode Elemen Hingga

KESIMPULAN

1. Data batubara hasil pemboran *touch coring* berjumlah sebanyak 16 data bor.
2. Lokasi penelitian berada di Kalimantan Selatan dengan kondisi geologi menurut SNI adalah moderat
3. Hasil Perhitungan sumberdaya terukur endapan batubara menggunakan metode lingkaran adalah sebesar 1.35 juta ton dan metode elemen hingga sebesar 1.04 juta ton.
4. Perbedaan nilai sumberdaya kedua metode tersebut adalah sebesar 300 ribu ton secara relatif sebesar 26.21% membuktikan bahwa penyebutan yang benar suatu metode dalam perhitungan sumberdaya menjadi hal yang penting.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kuzvart, M., Bohmer, M., *Prospecting and Exploration of Mineral Deposits. Second completely revised edition. Developments in Economic Geology Series 21*, 1986, Prague: Elsevier Science Publishing Company. Pp 310 -359
- [2] Fikri, H.N., *Perhitungan Sumberdaya Batubara Terukur Metode Blok Regular Di Daerah Bimuang Kabupaten Tapin Kalimantan Selatan*. 2011, Prosiding HAFTEK UNLAM. Banjarbaru: Fakultas Teknik UNLAM.
- [3] BSN, Standar Nasional Indonesia 13-6011-1999 - *Klasifikasi sumber daya dan cadangan batu bara*, 1999, Badan Standardisasi Nasional (BSN): Jakarta. p. 16.
- [4] BSN, Standar Nasional Indonesia 5015:2011 - *Pedoman pelaporan, sumberdaya, dan cadangan batubara*, 2011, Badan Standardisasi Nasional (BSN): Jakarta. p. 18.
- [5] Sinclair, A.J. and G.H. Blackwell, *Applied Mineral Inventory Estimation*, 2002, Cambridge UK: Cambridge University Press. pp. 328 - 330.
- [6] U.S. Department of the Interior and U.S.G.S, *Geological Survey Circular 891 - Coal Resource Classification System of the U.S. Geological Survey*, 1983, U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey (U.S.G.S.): Denver, CO USA p.72
- [7] Desai, C., S., alih bahasa Wirjosedirdjo, S., J., *Dasar – Dasar Metode Elemen Hingga*, 1988, Penerbit Erlangga: Jakarta
- [8] Widodo, L., E., Anaperta, Y.M. Anggayana, K., *Natural resources estimation using finite element method - case study: coal resources estimation*, 2006, Proceeding of 9th ISME: Bandung.