

Pemodelan dan Perhitungan Cadangan Batubara Menggunakan Metode *Krigging* dan Poligon Berdasarkan Data *Well Log* Pada Daerah Penelitian Distrik Isim, Manokwari Selatan, Papua Barat

Dzaka Ali Saiful Husna¹, Ahmad Helman Hamdani¹, Yoga A. Sendjaja¹, Syaiful Alam¹

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran

*Korespondensi : dzaka16001@mail.unpad.ac.id

ABSTRACT. Information about coal resources and reserves is fundamental in planning a national energy policy strategy. Referring to SNI 5015 aspects that become parameters of a coal resource and reserve in an area can be said to be mining-worthy or not, in terms of dimensions, quality, and quantity of the distribution of the coal seams. Thus, modeling is needed in 2 dimensions or 3 dimensions to be able to determine whether a coal seams body can meet the proper coal reserves or not. Modeling results will greatly assist mining experts and contractors in designing mining forms and techniques later. This study will try to model coal in the Isim District, South Manokwari to determine coal reserves from these locations using the krigging method and Micromine 2020 software assistance based on well log data. From this research five coal seam seams have been produced in the study area with the shape of each seam having an updip in the North and downdip in the South, with the presence of anticline and syncline between the Northeast and Southwestern models of the coal seams. The total coal seams are 4,044,687.5 m² with 90.1% in the measured zone and 9.9% in the designated zone, the total estimated volume of all coal seams are 4,543,851,044 m³ with 92.6% in the measured zone and 7.4% are in the designated zone, the estimated total tonnage of all coal seams is 5,909,532,994 tons, and the stripping ratio distribution map with known areas with low values predominates in the eastern area of the middle and northwest of the research field.

Keywords: Krigging, Micromine, Reserve, Resources, and Well Log.

ABSTRAK. Informasi mengenai sumberdaya dan cadangan batubara menjadi hal mendasar di dalam merencanakan strategi kebijaksanaan energi nasional. Mengacu kepada SNI 5015 aspek yang menjadi parameter suatu sumberdaya dan cadangan batubara di suatu daerah dapat dikatakan layak tambang atau tidak adalah dari segi dimensi, kualitas, dan kuantitas dari sebaran lapisan batubara tersebut. Maka, diperlukan pemodelan secara 2 dimensi atau 3 dimensi untuk dapat menentukan apakah suatu tubuh lapisan batubara dapat memenuhi cadangan batubara yang layak atau tidak. Hasil pemodelanpun akan sangat membantu ahli tambang dan kontraktor dalam mendesain bentuk dan teknik penambangan nantinya. Penelitian ini akan mencoba memodelkan batubara di Distrik Isim, Manokwari Selatan untuk mengetahui cadangan batubara dari lokasi tersebut menggunakan metode *krigging* dan bantuan perangkat lunak Micromine 2020 berdasarkan data *well log*. Dari penelitian ini telah dihasilkan lima *seam* lapisan batubara pada area penelitian dengan bentuk dari tiap lapisan *seam* memiliki *updip* di Arah Utara dan *downdip* di Arah Selatan, dengan terdapatnya antiklin dan sinklin diantara bagian Timurlaut dan Baratdaya model lapisan-lapisan batubara tersebut. Total seluruh lapisan batubara seluas 4.044.687,5 m² dengan 90,1% berada pada zona terukur dan 9,9% berada pada zona tertunjuk, total estimasi volume seluruh lapisan batubara sebesar 4.543.851,044 m³ dengan 92,6% berada pada zona terukur dan 7,4% berada pada zona tertunjuk, total estimasi tonase seluruh lapisan batubara sebesar 5.909.532,994 ton, dan peta sebaran *stripping ratio* dengan diketahui area dengan nilai rendah mendominasi pada area sebelah Timur bagian tengah dan di sebelah Baratlaut lapangan penelitian.

Kata kunci : Cadangan, *Krigging*, Micromine, Sumberdaya, dan *Well Log*.

PENDAHULUAN

Batubara merupakan bahan galian yang strategis dan salah satu bahan baku energi nasional yang mempunyai peran yang besar dalam pembangunan nasional. Informasi mengenai sumberdaya dan cadangan batubara menjadi hal yang mendasar di dalam merencanakan strategi kebijaksanaan energi nasional.

Sumberdaya batubara adalah bagian dari endapan batubara dalam bentuk dan kuantitas tertentu serta mempunyai penelitian beralasan yang memungkinkan untuk ditambang secara ekonomis. Lokasi, kualitas, kuantitas karakteristik geologi dan kemenerusan dari lapisan batubara yang telah diketahui, diperkirakan, atau diinterpretasikan dari bukti geologi tertentu. Sumberdaya batubara dibagi sesuai dengan tingkat kepercayaan geologi ke dalam kategori tereka, tertunjuk, dan terukur.

Sedangkan, cadangan batubara adalah bagian dari sumberdaya batubara tertunjuk dan terukur yang dapat ditambang secara ekonomis. Estimasi cadangan batubara harus memasukkan perhitungan *dilution* dan *losses* yang muncul pada saat batubara ditambang. Penentuan cadangan secara tepat telah dilaksanakan yang mungkin termasuk studi kelayakan. Penentuan tersebut harus telah mempertimbangkan semua faktor-faktor yang berkaitan seperti metode penambangan, ekonomi, pemasaran, legal, lingkungan, sosial, dan peraturan pemerintah. Penentuan ini harus dapat memperlihatkan bahwa pada saat laporan dibuat, penambangan ekonomis dapat ditentukan secara memungkinkan. Cadangan batubara dibagi sesuai dengan tingkat kepercayaan ke dalam cadangan batubara terka dan cadangan batubara terbukti (SNI 5015, 2011).

Sehingga, dapat diketahui salah satu aspek yang menjadi parameter suatu sumberdaya dan cadangan batubara di suatu daerah dapat dikatakan layak tambang atau tidak adalah dari segi dimensi, kualitas, dan kuantitas dari sebaran lapisan batubara tersebut. Maka, oleh karena itu diperlukan pemodelan secara 2 dimensi atau 3 dimensi untuk dapat menentukan apakah suatu tubuh lapisan batubara tersebut dapat memenuhi cadangan batubara yang layak atau tidak. Hasil pemodelanpun akan sangat membantu sekali untuk ahli tambang dan kontraktor dalam mendesain bentuk dan teknik penambangan nantinya.

Untuk mengatasi kebutuhan dalam memodelkan sumberdaya dan cadangan tersebut maka dibutuhkan metode dan perangkat lunak yang mampu menunjang dalam melakukan pemodelan tersebut. Dari semua metode dan perangkat lunak yang ada maka peneliti disini akan mencoba melakukan pemodelan menggunakan metode *kriging* dengan bantuan perangkat lunak Micromine 2020, karena perangkat lunak ini memiliki kemampuan dalam menganalisa data statistik terutama data terregional dengan kemampuannya memodelkan variogram, maka penggunaan fungsi variogram ini akan digunakan dalam metode *kriging* nantinya.

Dalam melakukan pemodelan stratigrafi inipun tak bisa lepas dari interpretasi geologi dalam memodelkannya, terutama dalam menentukan lapisan seam dan percabangan dari tiap seamnya (Micromine, 2013), sehingga walaupun pemodelan ini menggunakan bantuan perangkat lunak namun kemampuan ilmu geologi juga amat dibutuhkan untuk dapat menunjang keakuratan hasil pemodelan ini nantinya.

Maksud diadakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui cadangan batubara Formasi Steenkool di lokasi penelitian menggunakan metode *kriging* dan poligon dengan bantuan perangkat lunak Micromine 2020 dalam pemodelannya.

TINJAUAN PUSTAKA

Geologi Reegional



Gambar 1 Lokasi penelitian dalam konstelasi tatanan geologi regional Kepala Burung, Papua (Chevallier dan Bordenave, 1986; dengan sejumlah perubahan (Setiadi, Syaiful, Nurdrajat, Budi, Reza, dan Yusi, 2018).

Berdasarkan Pigram dan Panggabean (1982) serta Pieters, Sufni, dan Atmawinata (1990) disepakati bahwa Bagian Timur Kepala Burung Pulau Papua dikenal dengan adanya lima mandala geologi (Setiadi, Syaiful, Nurdrajat, Budi, Reza, dan Yusi, 2018), yaitu :

- Blok Kemum,
- Blok Arfak,
- Mintakat Leher Burung,
- Cekungan Bintuni, dan
- Sistem Sesar Ransiki.

Diketahui bahwa daerah penelitian terdapat pada Mandala Cekungan Bintuni, atau lebih tepatnya bagian timurlaut Cekungan Bintuni. Batas dari Cekungan Bintuni yang dimaksud mengikuti batas Cekungan Bintuni oleh Pigram dan Panggabean (1982), Cavelir dan Bordenave (1986), serta Pieters, Sufni, dan Atmawinata (1990), karena harus diketahui bahwa para ahli menetapkan batasan Cekungan Bintuni dengan cara yang berbeda-beda (Lemigas, 2009).

Menurut Setiadi, Syaiful, Nurdrajat, Budi, Reza, dan Yusi (2018) deformasi yang terjadi pada bagian tengah Cekungan Bintuni membentuk sebuah zona lipatan dengan lebar sekitar 25 km. Lipatan-lipatan pada zona itu umumnya berarah baratlaut-tenggara, meskipun di beberapa tempat ada juga yang terlipat pada arah barat-timur. Lipatan-lipatan tersebut umumnya cukup panjang dan dapat ditelusuri hingga jarak beberapa puluh kilometer. Lebar lipatan itu berkisar antara 10 hingga 12 km.

Berdasarkan batas Cekungan Bintuni menurut Pigram dan Panggabean (1982) serta Chevalier dan Bordenave (1986), material Cekungan Bintuni mencakup Formasi Klasefet, Formasi Steenkool, dan Formasi Sele (Setiadi Syaiful, Nurdrajat, Budi, Reza, dan Yusi, 2018).

Formasi Steenkool, yang merupakan endapan utama dalam Cekungan Bintuni, disusun oleh batupasir, batulumpur, batulanau, dan konglomerat dengan sisipan kalkarenit dan batubara. Secara megaskopis, batubara di

Formasi ini dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yakni *bright coal*, *banded-bright coal*, dan *dull coal*. Meskipun demikian, ketiga jenis batubara itu memiliki banyak kemiripan sifat megaskopis. Secara umum, batubara itu termasuk ke dalam kategori *high-volatile subbituminous coal* dengan nilai kalor lebih dari 5000 kal/g (Setiadi, Syaiful, Nurdrajat, Budi, Reza, dan Yusi, 2018).

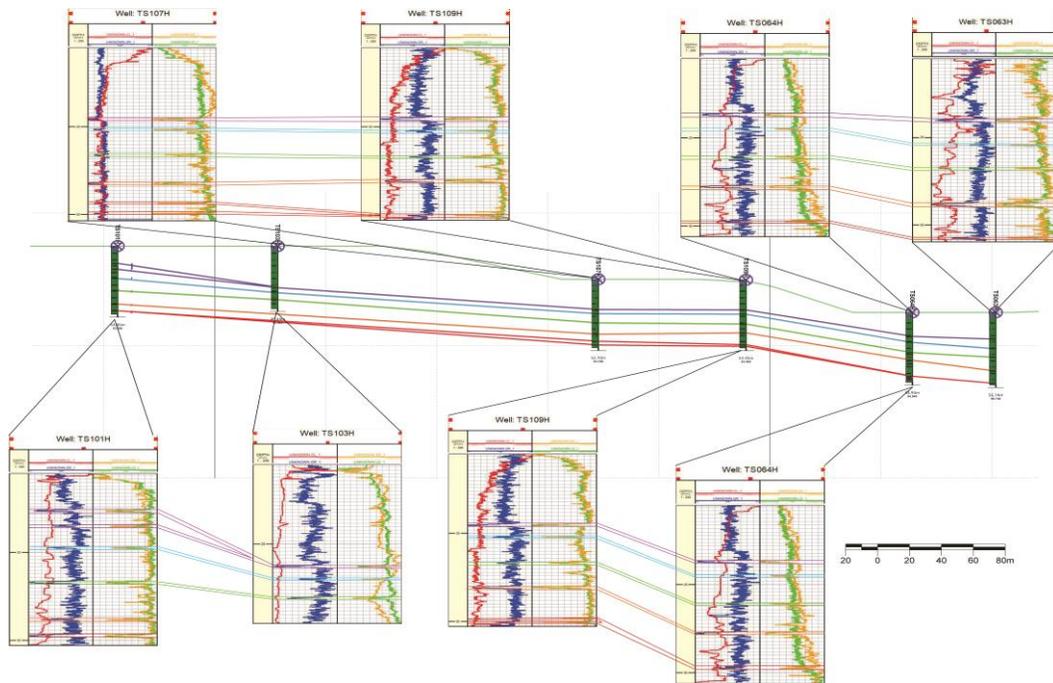
METODE

Metode yang dilakukan pada penelitian ini berupa interpretasi data *well log* yang kemudian dimasukkan kedalam perangkat lunak Micromine 2020 untuk kemudian ditampilkan bersama data *collar* dan kontur untuk melakukan korelasi sehingga didapatkan data seam. Kemudian, data seam tersebut diolah di perangkat lunak Micromine 2020 untuk membuat pemodelannya dengan metode estimasi data diluar lubang bor menggunakan metode *universal krigging*. Setelah itu, membuat zona sumberdaya menggunakan metode poligon berbentuk *circular*, dan menghitung cadangan dengan mengkalikannya dengan berat jenis batubara di daerah penelitian. Estimasi *dilution* dan *losses* pun dihitung dengan menghitung nilai *stripping ratio* dan memodelkannya dengan *block model*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seam Batubara Daerah Penelitian

Korelasi yang dilakukan sebelumnya menghasilkan lima *seam* lapisan batubara yang terdapat pada daerah penelitian. Kelima seam tersebut seperti yang telah dibahas sebelumnya ditentukan berdasarkan pola tebal dan litologi atas dan bawah dari tiap interval batubaranya. Dapat kita lihat pada Gambar 2 memperlihatkan korelasi antara sumur bor TS-063, TS-064, TS-101, TS-103, TS-107, dan TS-109. Pada Gambar 2 juga diperlihatkan *wireline* densitas dan *gamma ray* dari tiap lubang bornya, dan bagaimana dari *wireline* densitas dan *gamma ray* batubara tersebut dikorelasikan dengan *wireline* densitas dan *gamma ray* lubang bor lainnya.



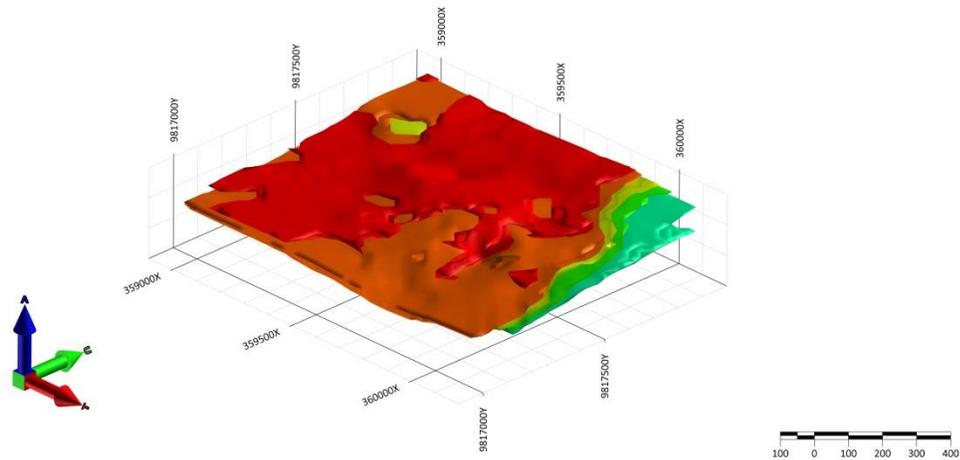
Gambar 2 Korelasi sumur bor dari kiri ke kanan TS-101, TS-103, TS-107, TS-109, TS-064, dan TS-063, beserta korelasi *wireline* dari data *well log* densitas dan *gamma ray*.

Sebaran dan Dimensi Seam Batubara

Dari pengerjaan yang dilakukan akhirnya didapatkanlah hasil pemodelan yang diperlihatkan dalam Gambar 3.

Pemodelan tersebut merupakan tampilan *seam block model* yang telah diubah menjadi

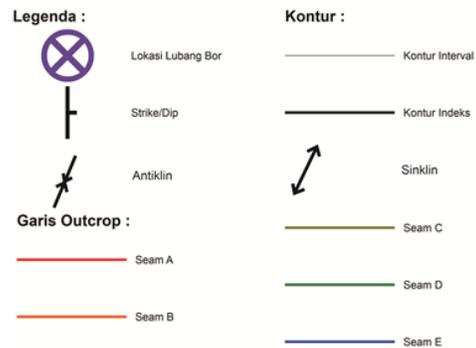
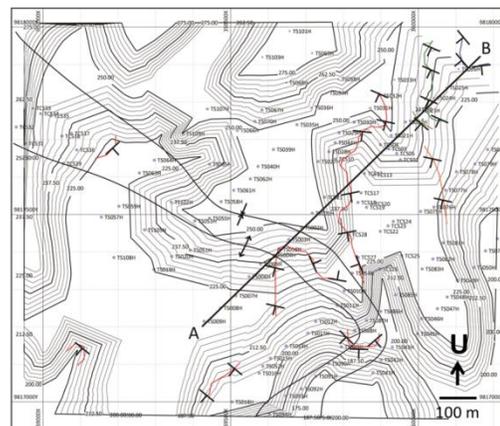
tampilan solid berupa *wireframe* dari lapisan-lapisan *seam* batubara. Untuk lapisan berwarna merah merupakan lapisan *Seam A*, lapisan berwarna jingga merupakan lapisan *Seam B*, lapisan berwarna kuning merupakan lapisan *Seam C*, lapisan berwarna hijau merupakan lapisan *Seam D*, dan lapisan berwarna biru merupakan lapisan *Seam E*.



Gambar 3 Hasil Pemodelan.

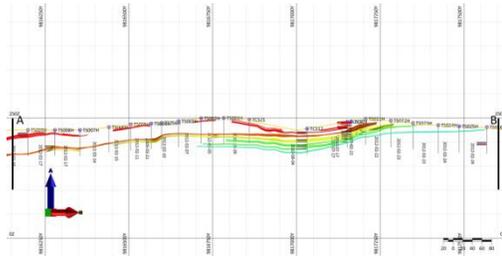
Kenampakan Penampang Hasil Pemodelan

Hasil pemodelan tersebut dapat dilihat secara penampang menggunakan “Section Tool” yang terdapat pada Micromine 2020. Di bawah ini merupakan Peta *Cropline* yang menampilkan garis penampang yang akan dilihat penampangnya.



Gambar 4 Peta *Cropline*.

Dengan menggunakan “Section Tool” maka tampilan dari pemodelan tersebut sebagai berikut.



Gambar 5 Penampang AB.

Dari tampilan penampang AB tersebut dapat dilihat bentuk dari tiap lapisan seam tersebut memiliki *updip* di Arah Utara dan *downdip* di Arah Selatan, dengan terdapatnya antiklin dan sinklin diantara bagian Timurlaut dan Baratdaya model lapisan-lapisan batubara tersebut.

Area yang dipotong oleh penampang merupakan area terdapatnya *outcrop* dari tiap lapisan seam tersebut, sehingga terlihat sekali terdapatnya seam yang mengalami *discontinue* akibat tersingkap atau dapat dikatakan terpotong oleh permukaan. Beberapa lapisan terlihat juga tidak mengalami kemenerusan akibat tidak terdapatnya data interval seam untuk seam-seam tersebut pada beberapa lubang bor untuk dilakukan korelasi. Hal ini dapat disebabkan karena kurang dalamnya pemboran yang dilakukan, atau memang terjadi pembajian akibat dasar dari lapisan batubara tersebut bersifat plastis seperti batulempung dan lapisan atasnya merupakan batubasir (Sukandarrumidi, 1995).

Peta Kontur Roof Seam dan Zona Sumberdaya

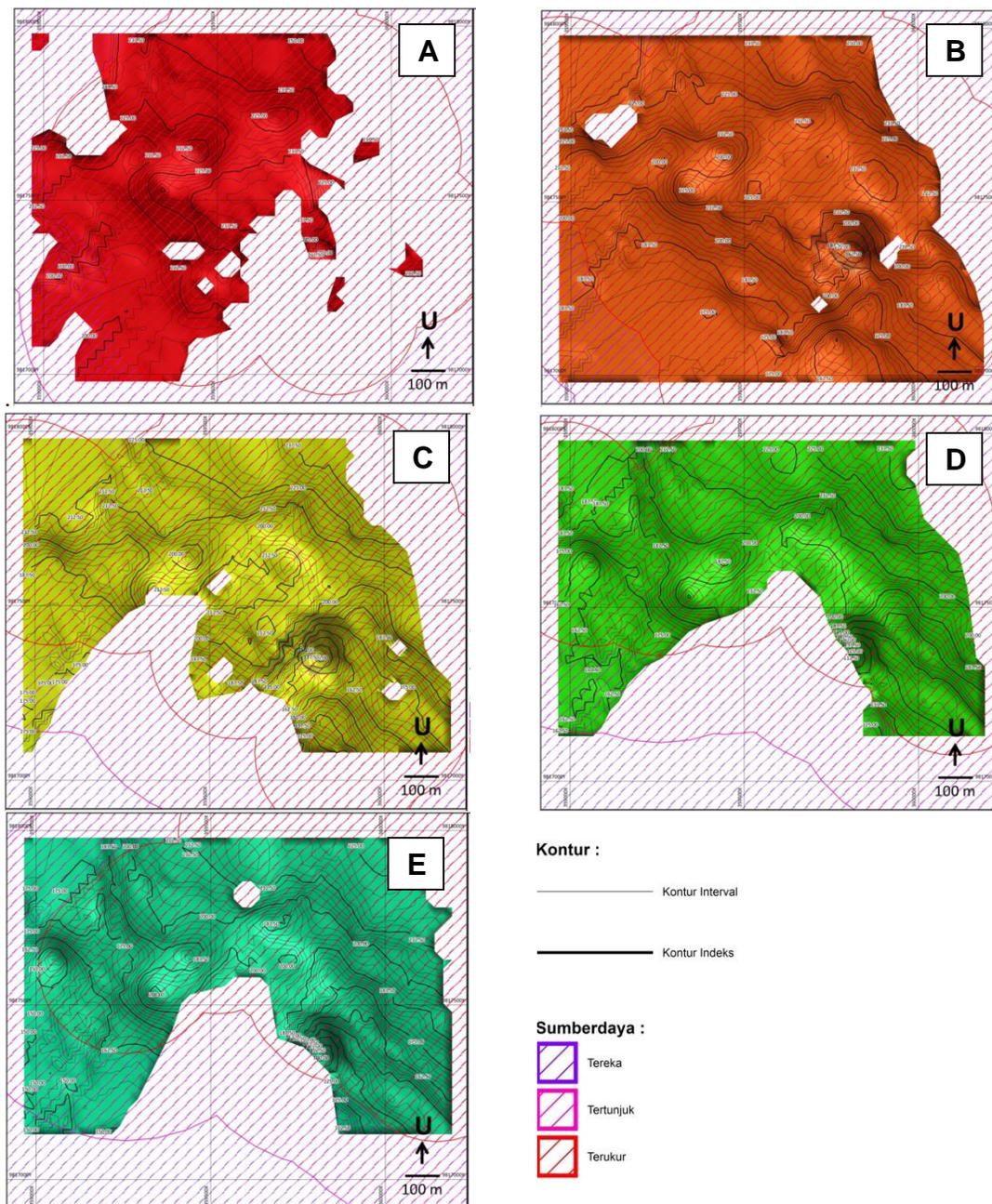
Untuk hasil laporan nantinya yang akan diserahkan kepada ahli tambang dan kontraktor maka hasil pemodelan tersebut harus disajikan dalam tampilan *map view*

dengan terdapatnya kontur juga batas sumberdaya yang diperlihatkan pada Gambar 6.

Dari kenampakan kontur pada Gambar 6 dapat terlihat jelas sekali bagaimana kenampakan dari tiap *seam*-nya secara *map view*. Terdapat beberapa lubang pada *seam*-nya yang menunjukkan adanya pembajian, seperti yang telah dibahas sebelumnya berdasarkan Sukandarrumidi (1995) bahwa pembajian yang terjadi dari bentuk batubara tersebut akibat lapisan bawah dari batubara tersebut yang plastis dan lapisan atasnya yang pasir.

Kemudian, lipatan-lipatan berupa antiklin dan sinklin dapat terlihat dari pola dan kerapatan kontur yang dibentuk, terutama dengan digunakannya efek bayangan pada seam tersebut sehingga terlihat tekstur dari seamnya, dari sana dapat dilihat bahwa kerapatan kontur yang dibentuk berarah relatif Baratlaut-Tenggara sehingga kemungkinan besar tegasan yang didapatkan pada daerah penelitian bersal dari arah Baratdaya-Timurlaut. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan Setiadi, Syaiful, Nurdrajat, Budi, Reza, dan Yusi (2018) bahwa lipatan yang terdapat pada daerah penelitian relatif berarah Baratlaut-Tenggara.

Untuk *seam* yang berumur paling tua yaitu *Seam E*, *Seam D*, dan *Seam C* mengalami persebaran yang tidak menerus kearah selatan, hal ini memang diakibatkan bahwa arah selatan merupakan arah *downdip* dari lapisan-lapisan batubara tersebut, sedangkan pemboran yang dilakukan pada daerah selatan tidak dilakukan begitu dalam untuk mencapai lapisan batubara-batubara tersebut. Sedangkan, untuk *Seam A* mengalami banyak terpotongan pada persebarannya, karena banyak terpotong dengan permukaan.



Gambar 6 (A) Peta Kontur *Seam Roof* A, (B) Peta Kontur *Seam Roof* B, (C) Peta Kontur *Seam Roof* C, (D) Peta Kontur *Seam Roof* D, (E) Peta Kontur *Seam Roof* E.

Perhitungan Cadangan

Pada peta kontur *roof seam* dan sumberdaya diatas telah terlihat penyebaran sumberdaya dari tiap lapisan batubara secara kualitatif.

Maka, oleh karena itu masih dibutuhkan perhitungan secara kuantitatif dari sumberdaya tersebut yang kemudian akan berguna sebagai aspek perhitungan cadangan. Untuk mengetahui ukuran kuantitatif dari pemodelan

tersebut maka dapat diketahui luas sebaran dan besar volume dari tiap *seam*-nya dengan menggunakan fitur “Properties” pada Micromine 2020 yang sangat menunjang sekali dalam mengetahui informasi dari tiap tampilan yang tampil pada kotak penampilan Micomine.

a. Perhitungan Luas Batubara

Hasil perhitungan luas dari tiap lapisan batubara tersebut dapat dilihat di bawah ini. Dalam perhitungan ini digunakan metode poligon dengan batas Zona Sumberdaya dari

tiap seamnya, dengan menggunakan fitur “filter” pada formulir “Block Model” dari “micromine 2020 ketika menampilkan solid model batubara tersebut, yang membantu sekali untuk memisahkan bagian batubara yang berada pada zona terukur dan batubara yang berada pada zona tertunjuk. Kemudian, dilihat menggunakan fitur “properties” dari Micromine 2020 untuk melihat besar dimensi dari objek-objek yang ingin kita ketahui besarnya.

Tabel 1 Tabel Luas Cadangan Batubara

Seam	Luas Total (m2)	Luas Terukur (m2)	Luas Tertunjuk (m2)
Seam A	622500	527500	95000
Seam B	1093750	1022500	71250
Seam C	794687,5	764375	30312,5
Seam D	727500	675000	52500
Seam E	806250	655000	151250
Jumlah	4044687,5	3644375	400312,5
Persentasi (%)		90,10275825	9,897241752

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa luas lapisan dari batubara yang akan dikupas seluas 4.044.687,5 m² dengan 90,1% berada pada zona terukur dan 9,9% berada pada zona tertunjuk.

b. Perhitungan Volume Batubara

Sama seperti cara mengetahui luas lapisan batubara sebelumnya dapat juga diketahui volume terukur dan terkira dari lapisan-lapisan batubara tersebut.

Tabel 2 Tabel Volume Cadangan Batubara

Seam	Vol Total (m3)	Vol Terukur (m3)	Vol Tertunjuk (m3)
Seam A	621549,154	571587,473	49961,681
Seam B	1858464,803	1726178,489	132286,314
Seam C	771722,744	754072,677	17650,067
Seam D	600979,921	557670,44	43309,481
Seam E	691134,422	596482,121	94652,301
Jumlah	4543851,044	4205991,2	337859,844
Persentasi (%)		92,56446039	7,435539606

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa volume total dari lapisan-lapisan batubara tersebut sebesar 4.543.851,044 m³ dengan 92,6% berada pada zona terukur dan 7,4% berada pada zona tertunjuk.

lapisan batubara tersebut, dengan mengkalikannya dengan densitas batubara.

Mengacu hasil penelitian kualitas batubara pada daerah penelitian oleh Setiadi, Syaiful, Nurdrajat, Budi, Reza, dan Yusi (2018) bahwa batubara pada daerah penelitian adalah subituminus maka densitas yang dipakai

c. Perhitungan Tonase Batubara

Dari hasil perhitungan besar volume batubara tersebut kini dapat diketahui tonase dari tiap

sebesar 1,3 ton/m³ sesuai dengan standar USGS (1983).

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan besar tonase dari tiap lapisannya dan juga berdasarkan zona sumberdayanya pada Tabel 4.

Tabel 3 Tabel Densitas Spesifik Batubara Padat (USGS, 1983).

Rank	Specific gravity	Weight of unbroken coal per unit volume						
		Short tons per acre-foot	Short tons per acre-inch	Metric tons per acre-foot	Short tons per square mile-foot	Metric tons per square mile-foot	Metric tons per square hectometer-meter	Metric tons per square hectometer meter
Anthracite and semianthracite	1.47	2,000	166.6	1,814	1,280,000	1,160,960	14,700	1,470,000
Bituminous coal	1.32	1,800	150	1,633	1,152,000	1,045,120	13,200	1,320,000
Subbituminous coal	1.30	1,770	147.5	1,605	1,132,800	1,027,200	13,000	1,300,000
Lignite	1.29	1,750	145.8	1,588	1,120,000	1,016,320	12,900	1,290,000

Tabel 4 Tabel Berat Cadangan Batubara

Seam	Cadangan Total (Ton)	Cadangan Terukur (Ton)	Cadangan Tertunjuk (Ton)
Seam A	808013,9002	743063,7149	64950,1853
Seam B	2416004,244	2244032,036	171972,2082
Seam C	1003491,272	980294,4801	22945,0871
Seam D	781273,8973	724971,572	56302,3253
Seam E	900749,681	775426,7573	123047,9913
Jumlah	5909532,994	5467788,56	439217,7972
Persentasi (%)		92,5248842	7,43236052

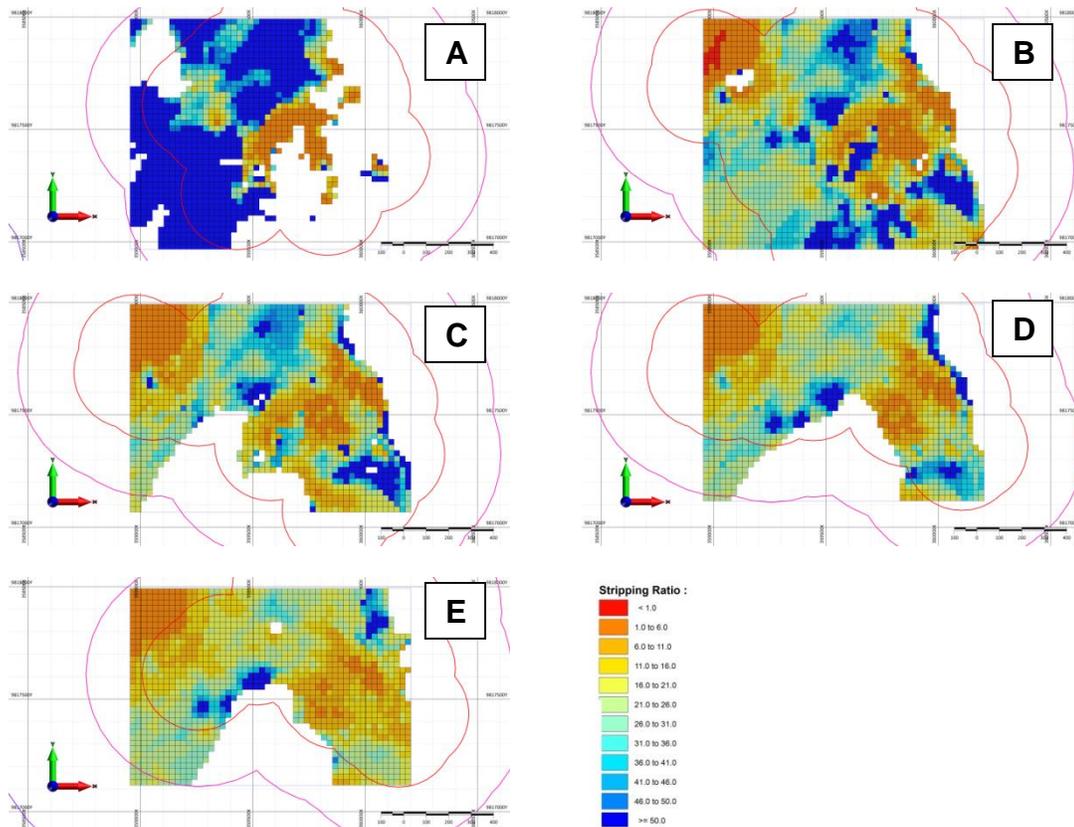
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa total tonase dari lapisan-lapisan batubara tersebut sebesar 5.909.532,994 Ton dengan 92,6% berada pada zona terukur dan 7,4% berada pada zona tertunjuk.

Perhitungan Nisbah Pengupasan (*Stripping Ratio*)

Dari hasil perhitungan volume dan tonase tersebut juga dapat diketahui nilai nisbah pengupasan atau yang biasa disebut *stripping ratio* sebagai perhitungan cadangan batubara dalam aspek *dilution* dan *losses*-Nya. Nilai tersebut didapat dengan membandingkan volume atau tonase dari *overburden* dengan volume atau tonase dari *seam* batubara tersebut.

Dari nilai tersebut kemudian ditampilkan menggunakan tampilan dalam bentuk *block model* dengan menggunakan perbedaan gradasi warna di tiap nilai *stripping ratio* 5 (Gambar 7). Semakin kecil *stripping ratio*-nya semakin baik (Aziz, 2011). Pada peta dibawah ini semakin kecil nilai *stripping ratio* pada *block model* tersebut maka akan semakin merah warnanya.

Dari peta persebaran nilai *stripping ratio* pada Gambar 7 dapat diketahui bahwa area dengan nilai *stripping ratio* rendah mendominasi pada area sebelah Timur bagian tengah dan di sebelah Barat laut lapangan penelitian.



Gambar 7 (A) Peta Sebaran Nilai *Stripping Ratio* Seam A, (B) Peta Sebaran Nilai *Stripping Ratio* Seam B, (C) Peta Sebaran Nilai *Stripping Ratio* Seam C, (D) Peta Sebaran Nilai *Stripping Ratio* Seam D, (E) Peta Sebaran Nilai *Stripping Ratio* Seam E.

SIMPULAN

Dari hasil pemodelan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Hasil pemodelan menghasilkan lima *seam* lapisan batubara pada area penelitian dengan bentuk dari tiap lapisan *seam* tersebut memiliki *updip* di Arah Utara dan *downdip* di Arah Selatan, dengan terdapatnya antiklin dan sinklin diantara bagian Timurlaut dan Baratdaya model lapisan-lapsian batubara tersebut.
2. Total luas seluruh lapisan dari batubara yang akan dikupas berdasarkan hasil pemodelan seluas 4.044.687,5 m² dengan 90,1% berada pada zona terukur dan 9,9% berada pada zona tertunjuk.
3. Total estimasi tonase dari seluruh lapisan-lapisan batubara tersebut sebesar 5.909.532,994 ton dengan 92,6% berada pada zona terukur dan 7,4% berada pada zona tertunjuk.
4. Dari peta persebaran nilai *stripping ratio* dapat diketahui bahwa area dengan nilai *stripping ratio* rendah mendominasi pada area sebelah Timur bagian tengah dan di sebelah Barat laut lapangan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, A. 2011. *About SR, Density, Tonase*. <http://www.scribd.com/doc/67977189/About-SR-Density-Tonase>.
- Chevallier, B., dan M. L., Bordenave, 1986, *Contribution of geochemistry to the exploration in the Bintuni area, Irian Jaya*. Proceedings Indonesian Petroleum Association 15th Annual Convention, Vol. I, h. 439-460.
- Lemigas, 2009. *Paleogeografi dan Potensi HC Cekungan Pratersier Daerah Kepala Burung*. Pro-gram Penelitian dan Pengembangan Teknologi Eksplorasi Migas. Jakarta : Lemigas.
- Micromine., 2013. MG 221 - Stratigraphic Modelling. Australia : Micromine.
- Pieters, P. E., C. J. Pigram, D. S. Trail, D. B. Dow, N. Ratman, dan R. Sukamto, 1983, *The stratigraphy of western Irian Jaya*. Proceedings Indonesian Petroleum Association 12th Annual Convention, Vol. I, h. 229-261.
- Pieters, P. E., A. Sufni Hakim, dan S. Atmawinata, 1990, *Geologi Lembar Ransiki, Irian Jaya, Skala 1 : 250.000*, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Pigram, C. J., dan H. Panggabean, 1981, *Pretertiary geology of western Irian Jaya and Misool island: Implications for the tectonic development of eastern Indonesia*, Proceedings Indonesian Petroleum Association 10th Annual Convention, h. 385-399.
- Pigram, C. J., G. P. Robinson, dan S. L. Tobing, 1982, *Late Cenozoic origin of the Bintuni Basin and adjacent Lengguru Fold Belt, Irian Jaya*, Proceedings Indonesian Petroleum Association 11th
- Setiadi, Jedi S., Syaiful A., Nurdrajat, Budi M., Reza M. G. G., dan Yusi F., 2018. *Batubara Formasi Steenkool di Daerah Ransiki, Papua*. Jatinangor : Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGI, Volume 16, Nomor 3, Desember 2018 : 237-246.
- SNI, 2011. *Pedoman Pelaporan, Sumberdaya, dan Cadangan Batubara*. Jakarta : Badan Standar Nasional.
- Sukandarumidi, 1995, *Batubara dan Gambut*, Universitas Gajah Mada; Yogyakarta.