

Geologi dan Potensi Batubara di Daerah Bonggo dan Sekitarnya Kabupaten Jayapura, Propinsi Papua

*(Geology and Coal Potential in Bonggo Area and Surrounding, Jayapura Regency,
Papua Province)*

Marcelino N. Yonas¹

¹Jurusan Teknik Geologi dan Pertambangan Universitas Cenderawasih
Jl. Kamp Wolker-Kampus Baru Waena

Abstract

.Geographically, the study area is in the region and surrounding Bonggo, Jayapura Regency. Now a days, the energy needs requires a continuous exploration in energy commodities (oil and coal). Geologically, Jayapura Residence has considerable potential for coal commodity. The research itself is located at coordinates 139025'51" - 139039'37" BT and 2038'20" - 2027'46" LS. The method used in this research are geological mapping, SRTM image interpretation and analysis of the gravity anomaly. From the results of research have encountered the presence of local coal on the river wiruway but has untapped potential to be mined economically. From the analysis of satellite imagery and SRTM data processing gravity so, alleged anomalies while the potential presence of a carrier lithology of coal is relatively in eastern and widespread to the north as indicated by the value anomaly contour growing eastward. This is supported by existing of coal deposits in the east outside the study area.

Keywords : coal, geology, image satellite, bouguer anomaly

1. Pendahuluan

Semenjak tiga dasawarsa terakhir pemerintah sedang meningkatkan pembangunan di segala bidang, khususnya dalam bidang industri. Energi sebagai penggerak pembangunan tersebut terutama minyak dan gas bumi memiliki cadangan yang terbatas dan menjadi prioritas pemerintah untuk komoditi ekspor. Hal ini mendorong untuk melakukan kebijakan efisiensi dan diversifikasi energi dengan mencari energi lain sebagai pengganti minyak bumi. Batubara sebagai salah satu pilihan energi pengganti minyak bumi terdapat hampir di seluruh kawasan Indonesia. Kondisi geologi dari Cekungan sedimenter di tiap daerah di Indonesia mengakibatkan karakteristik, ketebalan, kualitas dan proses pengendapan batubara juga berbeda-beda. Cekungan sedimenter yang

berpotensi mengandung batubara di Pulau Papua sebagian besar dipengaruhi oleh proses tektonik. Distrik Unurum Guay di Kabupaten Jayapura, sebagai bagian dari Cekungan Jayapura diindikasikan mengandung Formasi pembawa batubara yang diwakili oleh Formasi Unk dan Formasi Aurimi.

Maksud dari kegiatan penelitian ini adalah

*Korespondensi Penulis : (Marcelino N Yonas) Jurusan Teknik Geologi dan Pertambangan, Jl.Kamp Wolker – Kampus Baru Waena
E-mail : marcnov78@gmail.co.id
HP :

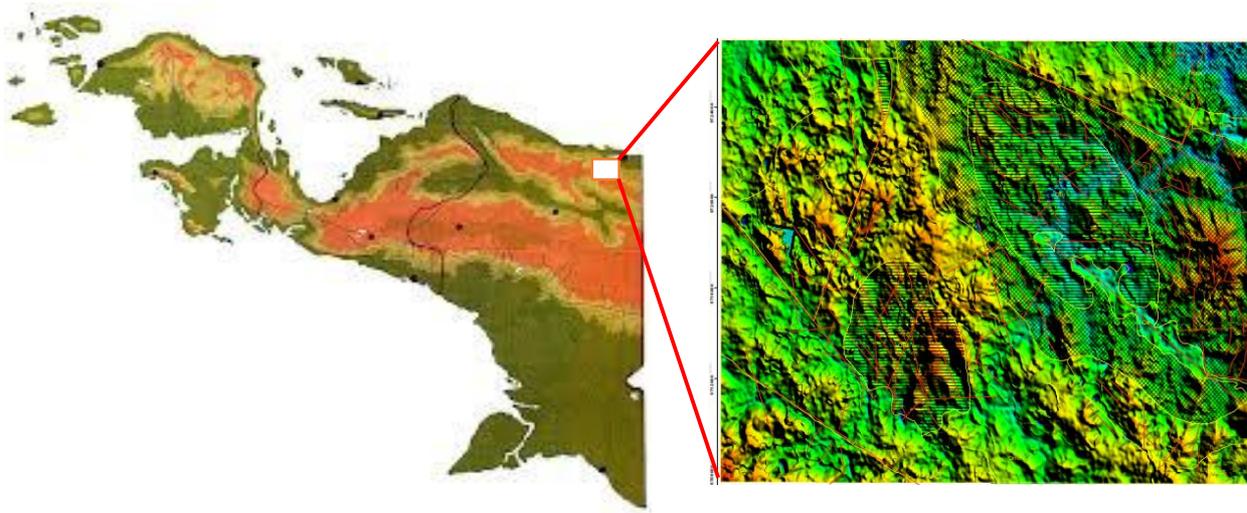
untuk melakukan kegiatan pemetaan geologi dan bahan galian batubara secara terpadu guna mendapatkan spot-spot singkapan batubara di lokasi penelitian. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah peta penyebaran dan potensi bahan galian batubara secara ekonomis di lokasi penelitian.

Lokasi Penelitian

Secara administratif, lokasi penelitian terletak pada wilayah administrasi Kabupaten Jayapura. Secara astronomis, lokasi penelitian terletak pada koordinat 139025'50.99" - 139039'38.99" bujur timur dan 2038'20" - 2027'46" lintang selatan dan dengan luas areal penelitian lebih kurang 50.000 hektar (Gambar 1). Kesampaian daerah penelitian adalah dapat ditempuh dengan kendaraan beroda dua dan beroda empat selama lebih kurang enam jam ke arah barat dari Kota Jayapura.

Tinjauan Pustaka

Endapan Batubara adalah endapan yang mengandung hasil akumulasi material organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang telah melalui proses litifikasi untuk membentuk lapisan batubara. Material tersebut telah mengalami kompaksi, ubahan kimia dan proses metamorphosis oleh peningkatan panas dan tekanan selama periode geologis (SNI 13-6011-1999, BSN). Secara umum batubara merupakan bahan bakar padat organik yang berwarna coklat



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

sampai hitam, mengalami proses fisika dan kimia sejak pengendapannya dan mengalami proses pengayaan kandungan karbon. Batubara dapat pula dikatakan sebagai batuan sedimen organoklastik yang berasal dari tumbuhan yang pada kondisi tertentu tidak mengalami proses pembusukan dan penghancuran sempurna. Batubara dan gambut merupakan produk dari suatu proses yang berurutan terhadap bahan dasar yang sama yaitu tumbuhan. Menurut Wolf (1984), Gambut merupakan batuan sedimen organik dengan ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Mudah terbakar.
- b. Berasal dari tumpukan hancuran tumbuhan yang terhumifikasi dan dalam kondisi tertutup udara (di bawah air).
- c. Tidak padat.
- d. Kandungan air > 75 % berat.
- e. Kandungan mineral < 50 % dalam kondisi kering.

Pembatubaraan (*coalification*) terjadi karena adanya tekanan dan temperatur yang tinggi dan berlangsung dalam selang waktu yang sangat lama. Perbedaan sifat batubara disebabkan adanya perbedaan :

- a. Sumber material (jenis tumbuhan purba pembentuknya).
- b. Lingkungan pengendapan.
- c. Keadaan ,kondisi dan derajat perubahan dalam jenis, jumlah serta distribusi pengotor (*impurities*).

Di alam kondisi kualitas batubara dijumpai sangat bervariasi, baik secara vertikal maupun lateral, antara lain bervariasinya kandungan sulfur dan sodium, kondisi *roof* dan *floor*, kehadiran parting dan pengotor, proses leaching. Kondisi tersebut antara lain dipengaruhi oleh pembentukan batubara yang kompleks, lingkungan pengendapan yang khas sebagai

tempat terbentuknya batubara dan proses-proses geologi yang berlangsung bersamaan atau setelah batubara terbentuk (Kuncoro, 1996). Lingkungan pengendapan batubara merupakan salah satu kendali utama yang mempengaruhi pola sebaran, ketebalan, kemenerusan, kondisi *roof*, kandungan abu dan sulfur pada lapisan batubara (Horne dkk, 1979 dalam Larry Thomas, 2002). Pada umumnya proses pembentukan batubara terjadi pada jaman Karbon yaitu sekitar 270–350 juta tahun yang lalu. Di Indonesia batubara yang ditemukan dan ditambang umumnya berumur jauh lebih muda, yaitu terbentuk pada jaman Tersier. Walaupun batubara tertua yang ditambang di Indonesia berumur Eosen (40–60 juta tahun yang lalu) namun sumber daya batubara di Indonesia umumnya berumur antara Miosen dan Pliosen (2–15 juta tahun yang lalu).

Tumbuhan yang tumbang atau mati di permukaan tanah pada umumnya akan mengalami proses pembusukan dan penghancuran yang sempurna sehingga setelah beberapa waktu kemudian tidak terlihat lagi bentuk asalnya. Pembusukan dan penghancuran tersebut pada dasarnya merupakan proses oksidasi yang disebabkan oleh adanya oksigen dan aktivitas bakteri atau jasad renik lainnya (fungi). Jika tumbuhan tumbang di suatu rawa, yang dicirikan dengan kandungan oksigen yang sangat rendah sehingga tidak memungkinkan bakteri aerob (bakteri yang memerlukan oksigen) hidup, maka sisa tumbuhan tersebut tidak mengalami proses pembusukan dan penghancuran yang sempurna sehingga tidak akan terjadi proses oksidasi yang sempurna.

Menurut Sukandarrumidi (1995) terdapat dua teori tentang akumulasi gambut baik mengenai ketebalannya maupun mengenai penyebarannya, yang kemudian memungkinkan terjadinya lapisan batubara yang ditemukan dan ditambang saat ini, yaitu:

- a) Teori in situ yang menyatakan bahwa lapisan gambut terbentuk dari tumbuhan yang tumbuh di tempat tumbuhnya; batubara yang terbentuk disebut batubara autochtone.
- b) Teori drift yang menyatakan bahwa lapisan gambut yang terbentuk berasal dari bagian-bagian tumbuhan yang terbawa oleh aliran air (sungai) dan terendapkan di daerah hilir (delta); batubara yang terbentuk disebut batubara allochtone.

Walaupun batubara awalnya terbentuk secara mendatar, pada kenyataannya jarang sekali ditemukan lapisan batubara yang datar dan rata, hal ini disebabkan pada saat pembentukannya tidak hanya tekanan dan suhu saja yang mempengaruhi struktur lapisan batubara, banyak faktor geologi lainnya yang mempengaruhi pembentukan lapisan batubara. Faktor-faktor itu di antaranya adalah perlipatan (folding) dan sesar (fault).

Lapisan batuan yang sering berasosiasi dengan lapisan batubara adalah lempung, lanau dan pasir yang masih bersifat lepas (*unconsolidated*) maupun batulempung, batulanau dan batupasir yang bersifat kompak (*consolidated*). Kadang-kadang juga ditemukan konglomerat atau batugamping. Lapisan batuan yang bersifat lepas umumnya berasosiasi dengan lignit dan kadang-kadang sub-bituminous karena pengaruh tekanan dan temperatur masih rendah bila dibandingkan dengan batubara dengan rank yang lebih tinggi di mana lapisan sedimen bersifat batuan akibat pengaruh tekanan dan suhu yang kuat. Lapisan batubara di suatu tempat selalu bervariasi ketebalannya yang kadang-kadang hanya pada jarak yang relatif pendek. Menurut Thomas (2002), faktor-faktor yang menyebabkan variasi tersebut adalah :

1. Kondisi Cekungan tempat terbentuknya batubara. Pada Cekungan yang luas, variasi ketebalan lebih sedikit bila dibandingkan dengan Cekungan yang lebih kecil, misalnya di daerah delta sungai.
2. Bentuk dasar Cekungan pada awal sebelum lapisan batubara terbentuk dapat mempengaruhi variasi ketebalan lapisan batubara.
3. Faktor kerapatan tumpukan tumbuhan pembentuk gambut.
4. Perbedaan tekanan lapisan sedimen di atas lapisan batubara
5. Perbedaan aktivitas tektonik.

Parameter Geometri Lapisan Batubara

Menurut Jeremic (1985), parameter geometri lapisan batubara berdasarkan hubungan dengan dapatnya suatu lapisan batubara ditambang dan kestabilan lapisannya meliputi :

1. Ketebalan lapisan batubara :
 - a) Tipis, 0,5-1,5 meter
 - b) Sedang, 1,5-3,5 meter
 - c) Tebal, 3,5-25 meter
2. Kemiringan lapisan batubara :
 - a) Lapisan horizontal
 - b) Lapisan landai, bila kemiringannya $< 25^\circ$
 - c) Lapisan miring, kemiringannya berkisar $25^\circ - 45^\circ$
 - d) Lapisan miring curam, kemiringannya berkisar $45^\circ - 75^\circ$
3. Kemenerusan lapisan batubara :
 - a) Ratusan meter
 - b) Ribuan meter 5-10 km
 - c) Menerus sampai lebih dari 200 km.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan menggunakan metode pemetaan langsung di lapangan berupa pemetaan geologi dan perekaman data struktur geologi di lapangan yang kemudian dikombinasikan dengan data gravitasi untuk memprediksi model cekungan pengendapan sedimen.

Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Peta Topografi Daerah Penelitian pada skala 1:50.000
2. Peta Geologi Regional Lembar Jayapura dan Lembar Sarmi-Bufareh.
3. Citra Satelit SRTM resolusi 30 m, daerah penelitian
4. *Bag Sample*.
5. Kompas Geologi Tipe Brunton.
6. Palu Geologi, Merk Estwing (*Chissel Point*).
7. GPS *Handheld* Merk Garmin 76CSx
8. *Mini Shovel*
9. Dan beberapa peralatan pendukung lainnya.

Kelurusan/*Lineament*

Penentuan arah kelurusan didasarkan ekstraksi data citra landsat 7 +ETM dan citra SRTM 90 m dengan menggunakan Software PCI Geomatica. Berdasarkan distribusi kelurusan, maka dapat dibagi atas 4 kelas kelurusan, dimana penentuan arah kelurusan dilakukan dengan metode statistik untuk membantu menganalisis periode tektonik yang terjadi di daerah penelitian (Prost, 2014).

Anomali Gravitasi

Merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan dalam memprediksi keberadaan cekungan sedimen. Teknik “*Upward Continuation*” yang digunakan dalam penelitian ini guna memisahkan anomali Regional dan Residual yang sangat efektif dalam mengestimasi perubahan kedalaman dan model cekungan bawah permukaan. (Blakely and Simpsons, 1986). Data anomali gravitasi dan data posisi geografis diakses dari website yang disediakan oleh Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego USA, yaitu pada laman http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi.

Selanjutnya data anomali gravitasi tersebut diolah menggunakan perangkat lunak Golden Software Surfer 12.0. Pengolahan data dimulai dengan melakukan koreksi Bouger sehingga menghasilkan data Anomali Bouger Sederhana (ABS) (Lampiran 2).

3. Hasil dan Pembahasan

Geologi Daerah Penelitian

Stratigrafi

Menurut Noya dan Suwarna, 1995 (Geologi Regional Lembar Sarmi) dan berdasarkan hasil survey di lapangan maka, keterdapatannya endapan batubara di daerah penelitian dapat dijelaskan melalui urutan stratigrafinya sebagai berikut :

1. *Endapan Alluvial*

Terdiri dari Aluvium dan Endapan Pantai yang terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lumpur di lingkungan rawa dan pantai. Endapan pantai mengandung pecahan batugamping koral Resen. Satuan ini mempunyai pelamparan di bagian tengah daerah penelitian dengan sebaran kurang lebih 5 % .

2. *Satuan Batulempung Unkonsolidasi*

Satuan ini terdiri dari: Greywake berselingan batulempung, batulanau, napal, konglomerat dan sisipan batupasir dan batubara. Greywake, berlapis 10cm – 1m, kepingan kuarsa, batuan beku, sedimen malih dan batuan karbonan, sisipan batupasir kelabu tua – hijau muda gampingan, berlapis baik. Batulempung, batulanau dan napal; pejal – berlapis baik, setempat menyerpih, mengandung lempengan batubara dan sisa tumbuhan. Kesamaan karakteristik fisik dari satuan ini, maka dapat dibandingkan dengan Formasi Unk (Qtu). Formasi Unk ini diindikasikan sebagai Formasi Pembawa batubara : “Coal Bearing Formation” di daerah penelitian pada satuan ini ditemukan sisipan dan fragmen lignit dan sub bituminous dari ketebalan 1 hingga 2 cm. Satuan ini mempunyai pelamparan di bagian tengah daerah

penelitian dan mempunyai luas pelamparan 20% dari daerah penelitian.

3. *Satuan Batuan Campur Aduk Sedimenter*

Satuan ini tersingkap dibagian tengah sebelah barat dan bagian selatan lembar peta, menempati sekitar 10 % dari luaspeta. Pada citra SRTM, Batuan Campur Aduk dicirikan oleh rona warna hijau – hijau toska dengan tekstur kasar – sangat kasar dan bentuk topografi yang tidak teratur, dimana punggung-punggungan bukit dan lembahnya telah banyak mengalami pergeseran yang disebabkan patahan-patahan akibat tektonik. Jejak-jejak perlapisan di beberapa tempat masih sangat jelas dideliniasi terutama yang dibagian timurlaut lembar peta. Kemiringan bidang perlapisan dapat dikenal dari bentuk-bentuk segitiga (flat iron). Hubungan stratigrafi Batuan Campur Aduk dengan batuan yang dibawah (Formasi Unk) dan diatasnya (Endapan Alluvial) adalah tidak selaras. Litologi yang menyusun satuan ini adalah batuan sedimen tektonik (melange sedimenter) yang terdiri dari batulempung dengan bongkah-bongkah dan kepingan batuan yang berasal dari Formasi-Formasi yang lebih tua. Satuan batuan ini terbentuk secara tektonik (melange sedimenter) pada kala Plistosen – Holosen.

4. *Satuan Batulempung Konsolidasi*

Satuan ini tersebar di bagian tengah dan timurlaut daerah penelitian. Tekstur sedang hingga kasar. Di bagian timur menunjukkan batuan berlapis dengan *dipslope* kearah barat daya. Relief rendah hingga tinggi, akibat tersayat lemah hingga kuat. Formasi ini dipotong oleh sungai antecedent yang berpola trellis – angulate, terkontrol oleh jurus lapisan batuan dan kekar. Batuan berupa batupasir dan batulempung dengan sisipan berupa batugamping dan napal. Batupasir halus-sedang, terpilah kurang baik, setempat gampingan, urat kalsit mengandung moluska, berlapis baik, tebal lapisan 5-125 cm, silang siur, setempat berselingan dengan batulempung. Batugamping setempat menyerpih, karbonan dan gampingan, pejal –berlapis halus. Setempat terdapat lapisan batubara dan lensa batupasir gampingan. Batugamping kalkarenit bersisipan batugamping napalan dengan tebal 1-5 cm, berfosil moluska. Batulanau lempungan berlapis baik, perlapisan sejajar. Konglomerat aneka bahan setempat pada bagian bawah satuan, dengan komponen basalt, diabas, batupasir gampingan, gabro dan batupasir halus dengan matriks batupasir gampingan. Berdasarkan karakteristik dari satuan ini, makadapat dibandingkan dengan Formasi Aurimi (Tmpa) yang diperkirakan berumur Miosen Akhir – Pliosen.

5. *Satuan Perselingan Batupasir dan Batulempung.*

Satuan ini pada Citra SRTM berada di bagian timur peta. Penyebaran Formasi ini berarah barat - timur. Pada citra SRTM, satuan ini dicirikan oleh rona warna hijau hingga hijau toska, bertekstur sedang sampai kasar. Pada Citra SRTM, jejak-jejak perlapisan batuan satuan ini terlihat dengan jelas, dimana jurus atau bidang perlapisan diekspresikan oleh bentuk perulangan dari penjajaran antara punggung bukit dan lembahnya yang berarah barat laut – tenggara. Hubungan stratigrafi dengan batuan di atasnya yaitu Formasi Unk adalah selaras. Keselarasan ini didasarkan atas kesamaan pola sebaran yang simetri dimana jejak-jejak bidang perlapisan kedua Formasi juga memperlihatkan pola yang simetri. Litologi yang menyusun satuan ini adalah perselingan Greywake, Batulanau, Batulempung, Serpih, dan Napal sisipan Konglomerat dan Batugamping. Umur Formasi Makat adalah Miosen Tengah hingga awal dari Miosen Akhir. Formasi ini diendapkan pada lingkungan Neritik.

Struktur Geologi

Merupakan unsur yang sangat penting dalam penyebaran suatu lapisan batuan. Struktur geologi yang ditemukan di daerah inventarisasi terdiri atas perlipatan dan patahan yang merupakan hasil dari kegiatan tektonik yang terjadi di daerah penelitian ini.

Perlipatan (*Fold*)

Hasil identifikasi terhadap struktur geologi lipatan meliputi:

1. Perlipatan yang terjadi berupa sinklin pada bagian tengah dari daerah Penelitian.
2. Arah perlipatan relatif timur laut – barat daya
3. Perlipatan ini diperkirakan merupakan sinklin yang simetris dengan kemiringan di kedua sayap yang relatif sama sekitar 25° sampai dengan 45° .
4. Panjang sumbu perlipatan lebih kurang 10 km yang memanjang pada arah tenggara – barat laut.

Patahan/Sesar (*Fault*)

Berikut ini patahan yang berkembang:

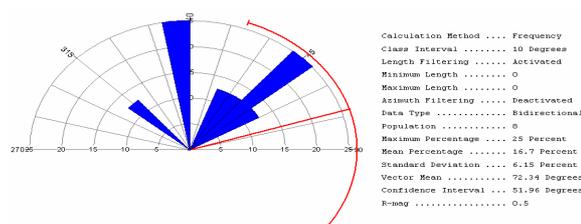
1. Jenis sesar yang dijumpai di daerah penelitian di dominasi oleh indikasi keberadaan Sesar Geser Sinistral yang dijumpai pada bagian utara daerah project, yang relatif berarah timur laut-barat daya. Kompleksitas unsur sesar pada daerah penelitian ini menyebabkan *dipslope* yang dijumpai secara umum memiliki kemiringan yang cukup besar yakni antara 11° - 36° .

2. Sesar Geser Dekstral dijumpai dibagian tengah daerah project yang relatif berarah barat laut-tenggara.
3. Unsur Sesar Normal diperkirakan berada dibagian selatan daerah project yang relatif berarah timur-barat.

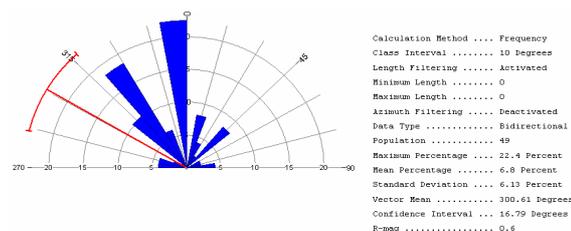
Kelurusan/*Lineament*

Berikut distribusi sebaran kelurusan di daerah penelitian:

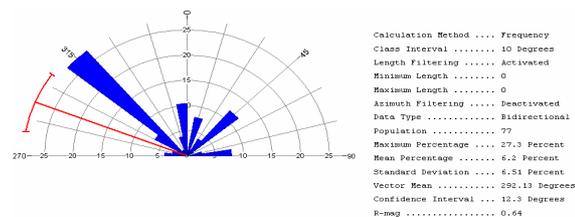
1. *Kelas I*, menempati bagian Barat Daya Daerah Penelitian.



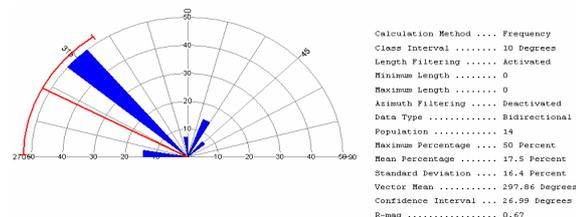
2. *Kelas II*, menempati bagian Barat Daerah Penelitian.



3. *Kelas III*, menempati bagian Tenggara Daerah Penelitian.



4. *Kelas IV*, menempati bagian Timur Daerah Penelitian.



Endapan Batubara

Berdasarkan penelitian lapangan, potensi Batubara di daerah penelitian dapat dikelompokkan dalam dua jenis, yakni :

1. Material Batubara sebagai hasil transportasi/*float* (exsitu), yang pembentukannya tidak secara langsung di daerah penelitian, namun berasal dari tempat

lain di luar daerah penelitian. Sebagian besar dijumpai pada bagian utara dan bagian selatan daerah penelitian dan juga di sepanjang aliran sungai Wiruwai.

2. Sisipan Batubara dalam bentuk Lignit dan Subbituminous yang tersisipkan dalam singkapan batulempung. Sisipan batubara ini dijumpai pada bagian timur daerah penelitian secara setempat-setempat (Gambar 2 dan 3).



Gambar 2. Sisipan Batubara Bituminus pada litologi Batulempung



Gambar 3. Float Batubara pada anak Sungai Wiruwai.

Berdasarkan data lapangan di atas, maka dapat dianalisis, bahwa ketiadaan singkapan batubara yang signifikan di daerah penelitian, disebabkan oleh beberapa hal, yaitu :

Daftar Pustaka

- Blakely R. and Simpson R., 1986. **Approximating edges of sources bodies from magnetic or gravity anomalies.** Geophysics, vol. 51, p.1494–1498.
- Jeremic, M.L., 1985, **Strata Mechanics in Coal Mining**, A.A. Balkema Rotterdam.
- Kuncoro, P. B, 1996. **Perencanaan Eksplorasi Batubara**, Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Prost, Gary, 2014, **Remote Sensing for Geoscientists**, Third Edition, Taylor and Francis Group, New York.

1. Ketebalan endapan lempung sangat besar, serta keberadaan endapan lempung tersebut umumnya berada pada badan sungai.
2. Kondisi tektonik dan struktur geologi yang dominan bekerja di daerah penelitian menyebabkan litologi dan Formasi batuan pembawa batubara memiliki kemiringan yang curam dan beberapa sisipan dan endapan batubara yang dijumpai dalam kondisi pecah-pecah atau terpisah-pisah menjadi bagian yang lebih kecil.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik:

1. Berdasarkan data lapangan tipikal pembentukan gambut di daerah penelitian mengacu kepada teori *drift*, dimana lapisan gambut yang terbentuk berasal dari bagian-bagian tumbuhan yang terbawa oleh aliran air (sungai) dan terendapkan di daerah hilir (delta); batubara yang terbentuk disebut batubara allochtone.
2. Daerah penelitian diperkirakan bagian dari tepi Cekungan (*pocket basin*) dimana bagian *depocenter* di sebelah timur daerah penelitian berada di daerah Genyem dan *depocenter* Cekungan disebelah selatan berada di daerah Mamberamo, sehingga akumulasi gambut tidak dapat berkembang dengan sempurna akibat temperatur dan tekanan yang rendah (Formasi Unk).
3. Berdasarkan anomali gaya berat Bouguer, dugaan sementara potensi keberadaan litologi pembawa batubara adalah relatif di bagian timur dan melampar ke utara seperti ditunjukkan nilai kontur anomali yang semakin besar ke arah timur. Hal ini diperkuat dijumpainya endapan batubara di sebelah timur di luar daerah penelitian.

SNI 13-6011-1999, **Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara**, Badan Standardisasi Nasional.

Sukandarrumidi, 1995, **Batubara dan Gambut**, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

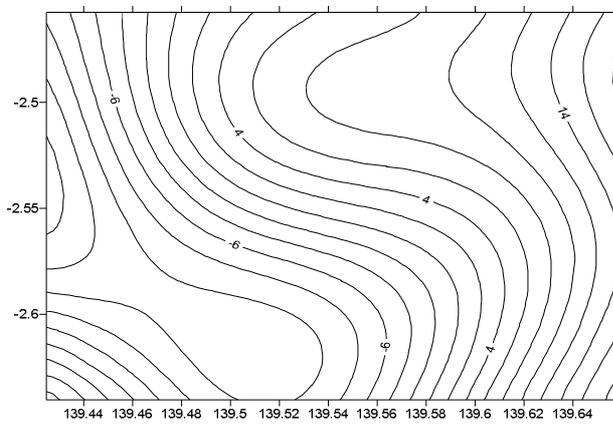
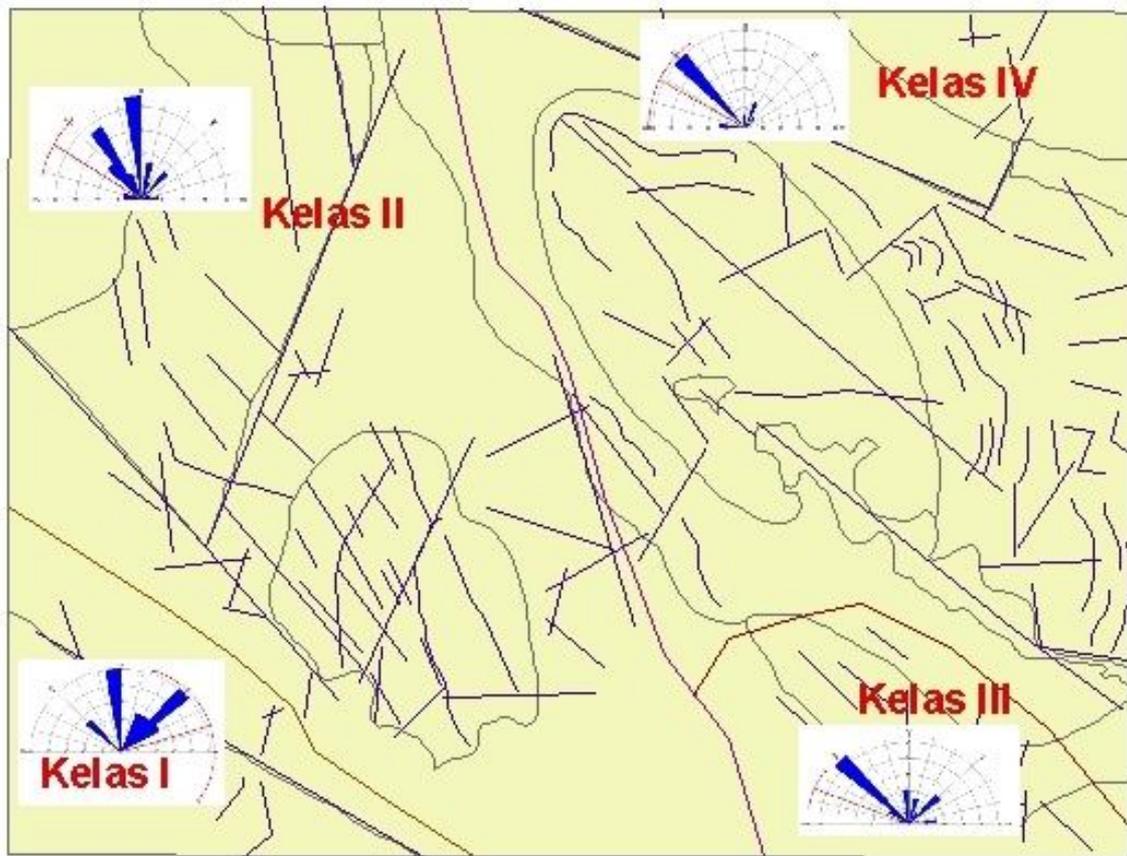
Suwarno dan Noya, 1995, **Peta Geologi Lembar Jayapura**, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Thomas, L., 2002. **Coal Geology**. John Wiley & Sons, inc., Chicester-England.

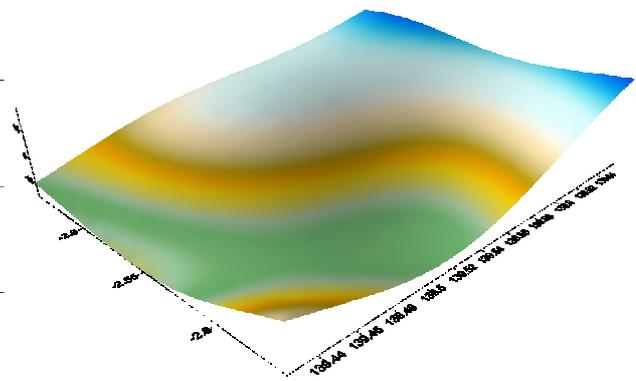
Wolfe, M., 1984. **Coal-Bearing Depositional Systems**, Springer, Houston-USA.

http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi,

diunduh pada Tanggal 5 Mei 2013



(a)



(b)

Peta Anomali *Gravity Bouguer* Daerah Penelitian (b). Model 3 Dimensi Anomali *Gravity* Daerah Penelitian