



Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral

Journal of Geology and Mineral Resources

Center for Geological Survey, Geological Agency, Ministry of Energy and Mineral Resources
Journal homepage: <http://jgsm.geologi.esdm.go.id>
ISSN 0853 - 9634, e-ISSN 2549 - 4759



Penentuan Kualitas dan Lingkungan Pengendapan Batubara berdasarkan Nilai Total Abu, Total Air, dan Total Sulphur terhadap Nilai Kalori pada Batubara di Desa Batuah, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

Determination of Coal Quality and Depositional Environment Based on Ash Content, Total Moisture, and Total Sulphur on Gross Calorific value of Coal in the Batuah Village, Loa Janan District, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province

Muhamad Afrizal Ie*, Ahmad Helman Hamdani, Winantris

Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

*Email : muhammadafrizalie27@gmail.com

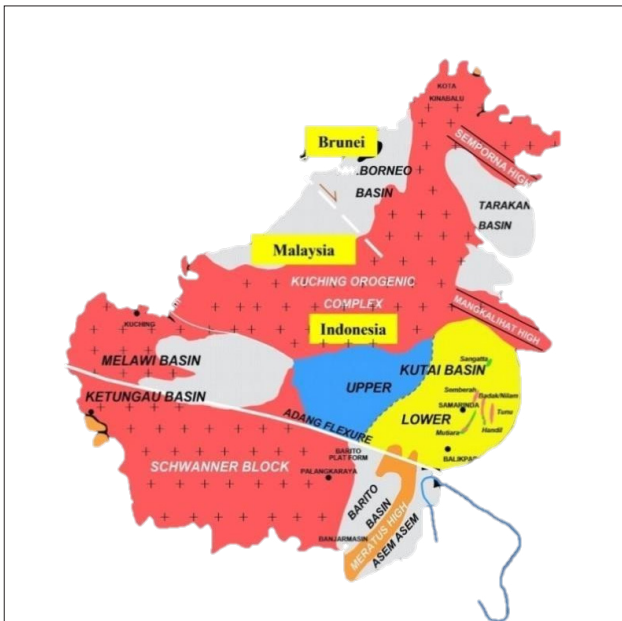
Submit: 22 December 2025, Revised: 25 February 2026, Approved: 26 February 2026, Online: 28 February 2026
10.33332/jgsm.geologi.v27i1.1079

Abstrak- Batubara terbentuk dari akumulasi material tumbuhan yang mengalami proses pembusukan, pemampatan, dan pengendapan selama jutaan tahun akibat pengaruh fisika dan kimia. Penelitian ini dilakukan pada Formasi Kampung Baru, Cekungan Kutai, dengan tujuan menentukan kualitas dan lingkungan pengendapan batubara. Data diperoleh dari tiga lubang bor (DH-01, DH-02, dan DH-03) dengan ketebalan batubara masing-masing 17,8 m; 9,8 m; dan 4,8 m. yang dilakukan meliputi proksimat dan ultimate. Hasil penelitian menunjukkan bahwa maseral huminit (densinite) merupakan komponen dominan dengan rata-rata 36,6%, diikuti liptinit (cutinite) 6,8% dan inertinit (semifusinite) 3,03%. Kandungan mineral matter didominasi oleh pirit (1,8–6,8%) dan lempung (0,8–7,6%). Nilai rata-rata proksimat dan ultimate menunjukkan kadar abu 20,60%, total air 12,25%, total sulfur 0,66%, dan nilai kalor 4.042,3 kal/gr. Berdasarkan klasifikasi United Nations (1998) dan ASTM, batubara daerah penelitian termasuk dalam kategori lignit B hingga batubara peringkat rendah-menengah. Lingkungan pengendapan berdasarkan diagram Lamberson (1991) yang menunjukkan batubara terendapkan pada zona limno-telmatic dengan fasies *lower* hingga *upper delta plain*.

Abstract- Coal is formed from the accumulation of plant material that undergoes decomposition, compaction, and deposition over millions of years due to physical and chemical influences. This study was conducted in the Kampung Baru Formation, Kutai Basin to determine quality and depositional environment of coal. Data were obtained from three boreholes (DH-01, DH-02, and DH-03) with having coal thicknesses of 17.8 m, 9.8 m, and 4.8 m, respectively. The analyses performed proximate and ultimate. The results showed that huminite (densinite) was the dominant maceral component with an average of 36.6%, followed by liptinit (cutinite) at 6.8% and inertinite (semifusinite) at 3.03%. The mineral matter content was dominated by pyrite (1.8–6.8%) and clay (0.8–7.6%). The average values of the proximate and ultimate analyses show an ash content of 20.60%, total water of 12.25%, total sulphur of 0.66%, and a calorific value of 4,042.3 cal/g. Based on the United Nations (1998) and ASTM classifications, coal in the study area is categorized as a lignite B to low-medium rank coal. Depositional environment analysis is based on Lamberson diagram classification (1991) which show that the coal was deposited in a limno-telmatic zone with a lower to upper delta plain facies.

Kata Kunci: Batubara, Cekungan Kutai, Formasi Kampung Baru, Kualitas, Lingkungan Pengendapan, Maseral

Keywords: Coal, Kutai Basin, Kampung Baru Formation, Quality, Depositional Environment, Maceral



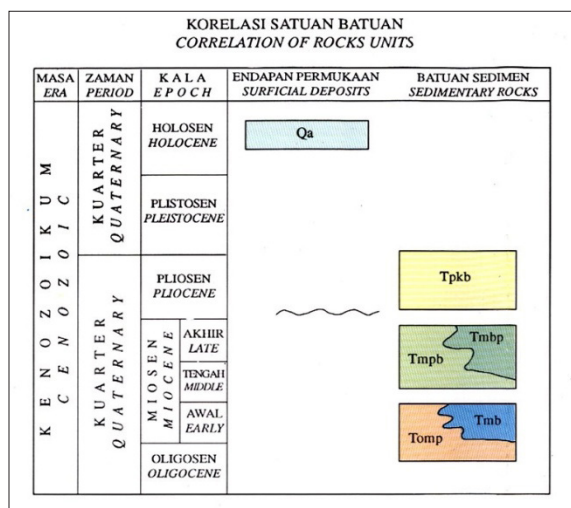
Gambar 2. Fisiografi Pulau Kalimantan (modifikasi dari Rose dan Hartono, 1978).

Stratigrafi

Secara regional daerah penelitian termasuk ke dalam wilayah Cekungan Kutai terutama pada Formasi Kampung Baru (Gambar 3). Cekungan Kutai tersusun atas endapan-endapan sedimen berumur Tersier yang memperlihatkan endapan fase transgresi dan regresi laut (Supriatna dkk., 1995 ; Allen dan Chambers, 1998). Fase transgresi Paleogen dimulai ketika fase tektonik ekstensional dan pengisian *rift* pada kala Eosen. Pada masa ini, Cekungan Barito, Kutai, dan Tarakan merupakan zona *subsidence* yang saling berhubungan. Fase berikutnya merupakan fase regresi Neogen yang dimulai pada Miosen Awal hingga sekarang dan kemudian menghasilkan progradasi delta (*deltaic progradation*) yang masih berlanjut hingga sekarang. Sedimen regresi ini terdiri dari lapisan-lapisan sedimen klastik delta hingga laut dangkal dengan progradasi dari barat ke arah timur dan banyak dijumpai lapisan batubara (lignit).

Stratigrafi regional Samarinda (Gambar 3) dikaitkan dengan kerangka tektonik cekungan dari Formasi Pamaluan – Formasi Kampung Baru adalah sebagai berikut :

- Formasi Kampung Baru (Tpkb) terdiri dari batulempung pasiran, batupasir kuarsa, batulanau sisipan batubara, napal, batugamping dan lignit. Ketebalannya 700-800 meter dan berumur Miosen Akhir hingga Pliosen serta diendapkan dalam lingkungan delta dan laut dangkal. Formasi ini terletak tidak selaras di atas Formasi Balikpapan.
- Formasi Balikpapan (Tmbp) terdiri dari perselingan batupasir kuarsa, batulempung lanauan dan serpih dengan sisipan napal, batugamping dan batubara. Tebal formasi kurang lebih 800 – 1500 meter, berumur Miosen Tengah hingga Miosen Atas dan diendapkan dalam lingkungan litoral-laut dangkal. Formasi ini menindih selaras di atas Formasi Pulaubalang.
- Formasi Pulaubalang (Tmpb) terdiri dari perselingan batupasir *greywacke* dan batupasir kuarsa sisipan batugamping dan batulempung dengan sisipan batubara. Batugamping berwarna coklat muda kekuningan, mengandung foraminifera besar. Tebal formasi sekitar 900 meter dan berumur Miosen Tengah. Formasi ini diendapkan dalam lingkungan sublitoral dangkal.
- Formasi Bebuluh (Tmb) merupakan batugamping terumbu dengan sisipan batugamping Pasiran dan Serpih. Setempat batugamping menghablur, terkekarkan serta tak beraturan. Tebal formasi ini mencapai 300 meter, berumur Miosen dan diendapkan pada lingkungan laut dangkal. Formasi ini diendapkan selaras dibawah Formasi Pulau Balang.
- Formasi Pamaluan (Tomp) tersusun atas batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, batugamping dan batulanau. Berlapis sangat baik dengan tebal formasi mencapai 2000 meter. Formasi ini berumur Oligosen – Miosen Tengah dan diendapkan pada lingkungan neritik luar.



Gambar 3. Kolom Stratigrafi Peta Geologi Regional Samarinda (Supriatna dkk.,1995).

Struktur Geologi

Cekungan Kutai dibatasi oleh Sesar Sangkulirang pada bagian utara dan Sesar Adang pada bagian selatan yang keduanya diperkirakan terbentuk pada kala Eosen (Allen dan Chambers, 1998). Lapisan batuan sedimen pada Cekungan Kutai telah membentuk sejumlah antiklin dan sinklin yang dikenal sebagai Antiklinorium Samarinda. Lipatan pada daerah ini umumnya berarah timurlaut-baratdaya. Bentuk lipatan ini pada umumnya tidak simetris dengan kemiringan lapisan pada bagian barat lebih terjal dibandingkan bagian timur dimana hal ini diakibatkan oleh adanya gaya kompresi yang kuat dan gaya berat ke sebelah timur.

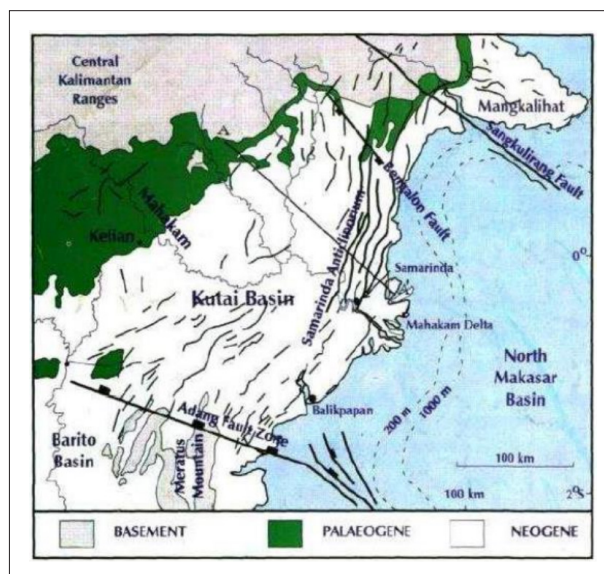
Cekungan Kutai mulai terbentuk pada kala Eosen yaitu saat terjadi fase ekstensi yang mengakibatkan membukanya Laut Sulawesi dan Selat Makassar. Fase ekstensi ini membentuk seri *half graben* yang diisi oleh sedimen *syn-rift* selama Eosen Tengah sampai Eosen Akhir. Kemudian pada Eosen Akhir sampai Oligosen Akhir terjadi penurunan dasar cekungan (*sag phase*) yang disertai pengendapan endapan *post-rift*. Pada batuan yang berumur Oligosen Akhir terdapat ketidakselarasan yang dianggap penting. Ketidakselarasan tersebut dikatakan penting karena diperkirakan berhubungan dengan pengangkatan Pulau Kalimantan bagian tengah dan ekstensi dari cekungan. Sesar yang terbentuk karena ekstensi Oligosen Akhir ini mengikuti bidang lemah.

Miosen Awal terjadi inversi yang menyebabkan terangkatnya *depocenter* Eosen dan Oligosen dan

terjadinya pendangkalan cekungan (Allen dan Chambers, 1998). Erosi yang terjadi menghasilkan progradasi dari barat ke timur membentuk delta. Sumber sedimen berasal dari rijang dan endapan turbidit yang berumur Mesozoikum yang terangkat selama fase tektonik Oligosen Akhir. Sumber sedimen lainnya yaitu dari sedimen berumur Paleogen yang berada di bagian barat dari Cekungan Kutai dan material vulkanik dari Vulkanisme Sintang yang aktif pada saat itu (Moss dan Chambers, 1999).

Miosen Tengah sampai Resen merupakan fase inversi utama. Inversi ini membentuk Antiklinorium Samarinda. Progradasi delta yang berlangsung sejak Miosen Awal juga berlangsung sampai sekarang.

Fisiografi dan tatanan tektonik Cekungan Kutai dan sekitarnya ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Fisiografi dan Tatanan Tektonik Cekungan Kutai dan Sekitarnya (modifikasi dari Allen dan Chambers, 1998).

KUALITAS BATUBARA, MASERAL DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN

Batubara merupakan hasil akumulasi tumbuh-tumbuhan yang berlangsung selama jutaan tahun. Proses akumulasi ini dapat berupa proses pembusukan, pemampatan, dan proses pengendapan sebagai akibat berbagai macam pengaruh kimia dan fisika misalnya suhu, tekanan, kelembaban dan oksidasi.

Maseral batubara terdiri dari 3 grup maseral yaitu

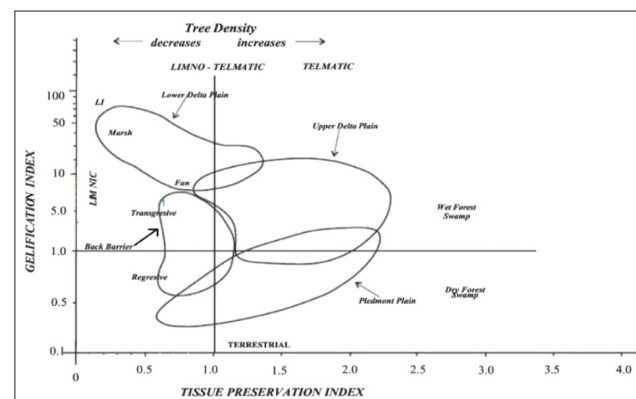
vitritinit, inertinit, dan liptinit. Maseral batubara bergantung pada kondisi pengendapan, proses keterbentukannya dan faktor lain yang mempengaruhi suatu lapisan batubara sehingga memiliki karakteristik fisik maupun kimia yang berbeda. Vitritinit terbentuk dari jaringan kayu, kulit kayu, daun, jaringan selulosa dan jaringan lain dari tumbuhan yang telah mengalami proses humifikasi dengan intensitas tertentu (Diessel, 1992). Istilah huminit digunakan untuk batubara peringkat rendah (*brown coal*), sedangkan istilah vitritinit digunakan pada batubara peringkat tinggi (*black coal*). Inertinit berasal dari jaringan jamur atau tumbuhan tingkat tinggi, fragmen detrital berukuran halus, material amorf yang telah mengalami gelifikasi, dan jaringan sel hasil dari proses biokimia. Liptinit merupakan maseral berwarna lebih gelap yang berasal dari spora, getah tanaman, jaringan kulit, lilin, kutikula, dan serbuk sari.

Kualitas batubara merupakan sifat fisika dan kimia batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya. Kualitas batubara ditentukan oleh maseral dan kandungan mineral penyusunnya serta derajat *coalification* atau *rank*. Umumnya, untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisis kimia pada batubara yang diantaranya berupa proksimat dan ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan kadar air (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon padat (*fixed carbon*), dan kadar abu (*ash*) sedangkan analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada batubara seperti : karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur dan unsur tambahan lainnya. Penentuan *grade* batubara pada penelitian ini didasarkan kandungan abu dalam basih db menggunakan klasifikasi ECE, United Nations, 1998 sedangkan klasifikasi batubara menggunakan standar ASTM (1993) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Batubara (ASTM, 1993).

NO	American Clasification		Fixed Carbon dmmf (%)	Volatile Matter dmmf (%)	Calorific Value mmmf (Btu/lb)
	Class	Group			
1	Lignit	B			<6300
		A			6300-8300
2	Sub-bituminous	C			8300-9500
		B			9500-10500
		A			10500-11500
3	Bituminous	High volatile C			11500-13000
		High volatile B			13000-14000

Lingkungan pengendapan batubara terbentuk melalui proses pengendapan yang terjadi di lokasi tertentu. Lingkungan sedimen ini dapat berupa rawa, delta, sungai, danau, dan cekungan tempat bahan tanaman menumpuk dan mengendap. Beberapa lingkungan pengendapan batubara di Kalimantan seperti batubara Formasi Warukin yang terbentuk di daerah delta dan dataran banjir yang kaya produk endapan *crevarsse splay* (Novita dan Kusumah, 2016) serta lingkungan dataran delta bawah hingga atas dalam kondisi genang laut pada batubara Formasi Tanjung (Sutjipto, 2020). Pada lingkungan pengendapan akan terjadi proses pengangkutan dan pembatubaraan yang dipengaruhi oleh mikroba, suhu, waktu serta tekanan yang menghasilkan batubara dengan kandungan yang berbeda sesuai faktor yang mempengaruhinya (Koesoemadinata, 1978). Untuk penentuan fasies atau lingkungan pengendapan dilakukan menggunakan nilai *Tissue Preservation Index* dan *Gelification Index* yang diplot pada diagram Lamberson (1991) pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram penentuan lingkungan pengendapan (Lamberson, 1991).

HASIL PENELITIAN

Stratigrafi Sumur

Data pengeboran yang digunakan pada penelitian ini dihasilkan dari kegiatan pengeboran pada PT. X yang Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) nya berada di Desa Batuah, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Pengeboran dilakukan pada Formasi Kampung Baru dengan jumlah bor sebanyak 3 lubang dengan kedalaman pengeboran mencapai 30 meter. Kode lubang bor yang digunakan menggunakan simbol DH-01, DH-02 dan DH-03 dengan koordinat lokasi

pengeboran ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koordinat Pengeboran Sumur.

KOORDINAT TITIK PEMBORAN (UTM)			
Nama Sumur	X	Y	Z
DH-01	508663,51	9917312,126	86,507
DH-02	508368,32	9917154,764	92,054
DH-03	508830,39	9917219,706	84,052

Stratigrafi sumur didominasi oleh lapisan batubara dan lempung yang bagian atasnya ditutupi oleh material *top soil* berukuran pasir hingga lempung yang berwarna kecoklatan. Dari ketiga lubang bor dilapangan, rata – rata ketebalan *top soil* ini berkisar 3 - 3,2 meter.

- Dari *top to down* pada sumur bor DH-01 dimulai dengan material *top soil* atau tanah pucuk yang berwarna kecoklatan berukuran pasir halus hingga lempung dengan tebal 3 meter. Setempat ditemukan sisa - sisa tanaman yang terurai dan bahan organik. Dari kedalaman 3 – 10,5 meter ditemukan lapisan lempung berwarna abu – abu dan menerus hingga kebawah. Dari kedalaman 10,5 hingga 28,3 meter ditemukan lapisan batubara berwarna coklat hingga hitam gelap. Ciri batubaranya bersifat lunak, kurang kompak dan rapuh. Di bawah lapisan batubara ini ditemukan lapisan lempung hingga mencapai kedalaman pengeboran 30 meter.
- Pada lubang bor DH-02 ini memiliki stratigrafi sumur yang didominasi oleh lapisan lempung setebal 16,09 meter dengan adanya sisipan batubara setebal 9,8 meter. Sifat batubaranya lunak dan rapuh dan berwarna coklat kehitaman. Lapisan paling atas tersusun oleh material tanah pucuk atau *top soil* dengan ketebalan 3,2 meter.
- Pada lubang bor DH-03 ini memiliki stratigrafi yang didominasi oleh lapisan lempung dengan sisipan batubara setebal 4,8 meter.

Dari data ketebalan menunjukkan bahwa lapisan batubara dari sumur bor DH-01 ke DH-03 terlihat semakin menipis. Stratigrafi sumur bor dari 3 lubang pengeboran ditampilkan pada Gambar 6.

Komposisi Maseral dan Mineral Matter

Hasil komposisi maseral pada 3 sampel didapatkan komposisi maseral yang lebih dominan yaitu maseral huminit (densinit) sebesar 22,8% - 4% dengan nilai rata – rata 36,6% pada sub-grup detrohumininit. Untuk maseral ulmininit memiliki nilai antara 21,8% - 32% dengan nilai rata – rata sebesar 26,8% pada sub-grup telohumininit. Dari kelompok maseral Liptinit di dominasi oleh maseral kutinit dengan nilai antara 2,6% - 7,6% dengan nilai rata – rata sebesar 6,8 % dan maseral resinit dengan nilai 1.0% - 2,4% dengan nilai rata – rata sebesar 1,66 %. Pada kelompok maseral inertinit di dominasi oleh maseral semifusinit dengan nilai antara 2% - 4% dengan nilai rata – rata sebesar 3,03 %, dan maseral funginit dengan nilai antara 2,6% - 6% dengan nilai rata – rata sebesar 4,6%. Selain itu, komposisi mineral *matter* terdiri dari pirit dan 5 lempung dengan nilai pirit antara 1,8 % - 6,8% sedangkan untuk nilai lempung sebesar 0,8% - 7,6%.

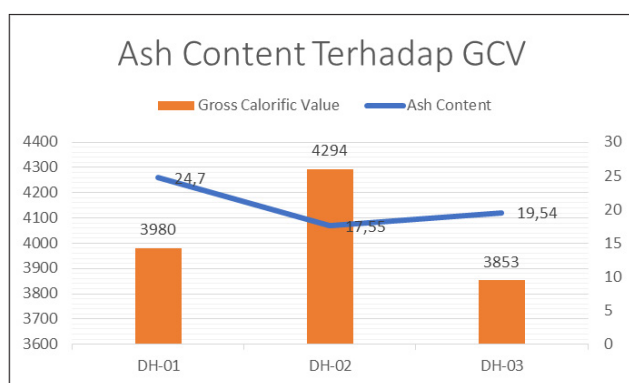
Data yang diperoleh dari hasil uji proksimat dan ultimat pada sampel batubara DH 01, DH 02, dan DH 03 berupa *ash content*, *total moisture*, *total sulphur* dan *Gross Catoric Value* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Proksimat dan Ultimat.

PROKSIMAT DAN ULTIMAT				
Nama Sumur	Ash Content	Total Moisture	Total Sulphur	Gross Cal-orific Value
DH-01	24,70	13,22	0,64	3980
DH-02	17,55	10,46	0,58	4294
DH-03	19,54	13,09	0,77	3853

Pengaruh *Ash Content* vs *Gross Calorific Value* Batubara

Data hasil kandungan *ash content* pada 3 sampel uji menunjukkan nilai DH-01 sebesar 24,70%, DH-02 mencapai 17,55% dan DH-03 sebesar 19,54% dengan nilai rata-rata kandungan *ash content* adalah 20,60%. Data hasil nilai *gross calorific* untuk 3 sampel menggunakan *bomb calorimeter* yaitu DH-01 (3.980 kal/gram), DH-02 (4.294 kal/gram) dan DH-03 (3.853 kal/gram) dengan nilai rata-rata nilai *gross calorific*-nya adalah 4.042 kal/gram. Pengaruh *Ash Content* Terhadap *Gross Calorific Value* batubara ditunjukkan pada Gambar 7.



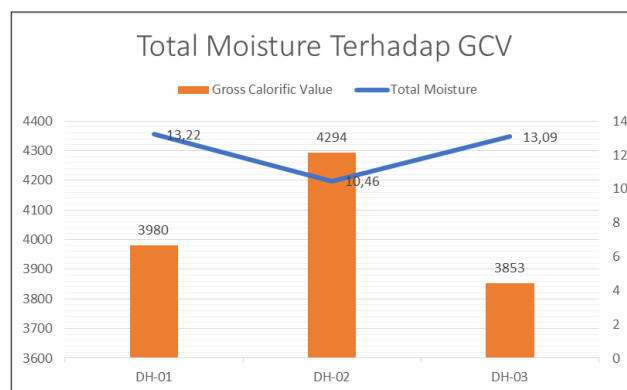
Gambar 7. Pengaruh *Ash Content* terhadap *Gross Calorific Value* Batubara.

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai *ash content* maka semakin tinggi nilai *gross calorific value*-nya. Hal ini disebabkan oleh dalam proses pembakaran batubara dibutuhkan batubara panas atau kalor untuk membakar kandungan abu dalam batubara. Sidiq (2011) menyatakan bahwa keberadaan *ash* pada lapisan batubara disebabkan oleh adanya senyawa batubara dan anorganik (*mineral matter*) yang merupakan hasil rombakan material disekitarnya dan dipengaruhi oleh proses sedimentasi dan pembatubaraan. Dalam proses pembakaran batubara dibutuhkan batubara panas atau kalor yang berguna membakar kandungan abu dalam batubara. Kualitas kalori suatu batubara ditentukan oleh maseral dan *mineral matter*.

Pengaruh *Total Moisture* vs *Gross Calorific Value* Batubara

Data *total moisture* pada 3 sampel menunjukkan nilai masing – masing sebesar 13,22%, 10,46% dan 13,09%

dengan nilai rata-rata kandungan *total moisture* adalah 12,25%. Hasil nilai *gross calorific* untuk 3 sampel menggunakan *bomb calorimeter*, yaitu DH-01 sebesar 3.980 kal/gram, DH-02 mencapai 4.294 kal/gram dan DH-03 sebesar 3.853 kal/gram dengan nilai rata-rata nilai *gross calorific* nya adalah 4.042 kal/gram. Perbandingan kandungan *total moisture* dan nilai *gross calorific* pada sampel DH-01, DH-02, dan DH-03 ditunjukkan pada Gambar 8.

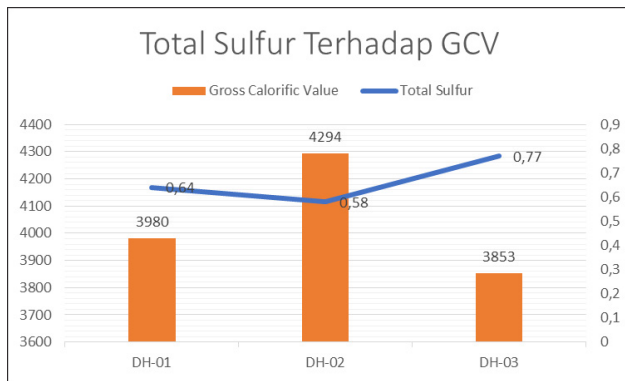


Gambar 8. Pengaruh *Total Moisture* terhadap *Gross Calorific Value* Batubara.

Dari Gambar diatas menunjukkan bahwa semakin rendah nilai *total moisture* maka *gross calorific value* batubara semakin tinggi. Hal ini dapat terjadi saat proses pembatubaraan dimana semakin lama batubara tersebut terendapkan maka akan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan yang tinggi sehingga menyebabkan kandungan air yang terdapat didalam batubara akan semakin berkurang serta nilai kalori akan naik atau semakin tinggi (Aulia, 2021).

Pengaruh *Total Sulphur* vs *Gross Calorific Value* Batubara

Dari data Tabel 3 terlihat kandungan *total sulphur* pada sampel DH-01, DH-02, dan DH-03 masing-masing sebesar 0,64%, 0,58% dan 0,77%. Nilai rata-rata kandungan *total sulphur* pada sumur bor sebesar 0,66%. Selain itu, data hasil nilai *gross calorific* untuk 3 sampel menunjukkan nilai DH-01 sebesar 3.980 kal/gram, DH-02 sebesar 4.294 kal/gram dan DH-03 sebesar 3.853 kal/gram dengan nilai rata-rata nilai kalornya adalah 4.042 kal/gram. Pengaruh *total sulphur* dan nilai *gross calorific* pada sampel DH-01, DH-02, dan DH-03 ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengaruh *Total Sulphur* terhadap *Gross Calorific Value* Batubara.

Dari nilai di atas disimpulkan bahwa semakin rendah *total sulphur* maka nilai *gross calorific* batubaranya tinggi. Adanya sulfur dalam batubara sangat tidak diharapkan karena banyak menimbulkan dampak negatif dan korosif pada proses pembakaran dalam tungku. Sulfur di dalam batubara dapat berupa mineral sulfat yang menjadi abu setelah terjadinya proses pembakaran. Kandungan abu semakin tinggi seiring dengan jumlah mineral yang ada di dalam batubara. Kandungan abu dapat mempengaruhi efisiensi nilai kalor dimana kalor akan terlebih dahulu membakar kandungan mineral yang ada dalam batubara. Pada kenyataannya sulfur di dalam batubara merupakan *impurities* atau pengotor sehingga sulfur ini akan mempengaruhi kualitas pada batubara namun dilain pihak tidak berhubungan langsung dengan nilai kalori (Aulia, 2021).

DISKUSI

Hasil analisis data lapangan dan laboratorium sampel batubara dari 3 lubang bor menunjukkan perbedaan nilai komposisi maseral. Hal ini dapat berpengaruh terhadap *grade* dan kualifikasi batubara serta lingkungan pengendapan.

- Dari analisis *ash content* memiliki hubungan terbalik yang kuat dengan *Gross Calorific Value* atau nilai kalori batubara. Data *ash content* pada 3 sampel uji menunjukkan nilai masing – masing sebesar 24,70%, 17,55% dan 19,54% dengan nilai rata-rata 20,60%. Dari data terlihat bahwa semakin tinggi *ash content*, maka *Gross*

Calorific Value semakin rendah. Hal ini juga disebabkan oleh abu merupakan material *inert* yang tidak terbakar serta dapat mengurangi proporsi materi organik yang menghasilkan panas. Hal ini kemudian dapat menurunkan efisiensi energi batubara secara keseluruhan dan meningkatkan biaya pengolahan serta adanya potensi korosi. Abu adalah residu anorganik yang berasal dari mineral dalam batubara. Setiap peningkatan persentase abu berarti penurunan persentase materi organik yang dapat terbakar (seperti karbon dan hidrogen) yang merupakan sumber utama panas (kalor). Hubungan ini umumnya negatif dan dominan yang berarti kenaikan *ash content* secara signifikan akan menurunkan nilai kalori batubara. Selain menurunkan nilai kalor, *ash content* yang tinggi juga menimbulkan masalah seperti *fouling* (pengotoran), keausan dan korosi pada peralatan *boiler* dan tungku.

- Nilai *Total Moisture* merupakan indikator utama penurunan kualitas batubara. Kenaikan kadar air ini secara langsung menurunkan *Gross Calorific Value* karena energi panas terbuang untuk menguapkan air bukan untuk menghasilkan energi yang diinginkan sehingga *Total Moisture* merupakan faktor kunci dalam menentukan nilai ekonomis dan efisiensi batubara. Dari hasil penelitian diatas, *total moisture* atau kadar air total pada batubara DH-01, DH-02 dan DH-03 berbanding terbalik dengan *Gross Calorific Value*-nya yang artinya semakin tinggi kadar air, maka semakin rendah nilai kalori batubara dimana sebagian energi panas yang dihasilkan justru terpakai untuk menguapkan air tersebut sehingga menurunkan efisiensi pembakaran. Kadar air yang tinggi merupakan faktor utama yang mengurangi nilai kalori batubara. Oleh karena itu batubara dengan kadar *moisture* rendah lebih bernilai dan efisien untuk penggunaan energi.

- *Total sulphur* pada batubara memiliki hubungan positif namun kompleks dengan *Gross Calorific Value*. Umumnya, sulfur tinggi bisa meningkatkan *Gross Calorific Value* karena ikut terbakar, namun sulfur juga dianggap pengotor yang dapat menurunkan kualitas energi karena membentuk sulfur dioksida (SO_2) serta menyebabkan korosi. Koreksi sulfur

pada perhitungan *Gross Calorific Value* akan menurunkan nilai kalori akhir batubara. Sulfur dalam batubara (terutama pirit) dapat menyumbang panas saat pembakaran sehingga meningkatkan kalori pada awal *Gross Calorific Value*, namun demikian panas dari pembakaran sulfur terkoreksi dikoreksi menyebabkan *Gross Calorific Value* aktual yang dapat dimanfaatkan menurun, terutama jika kadar sulfur tinggi.

Kandungan *total sulphur* pada sample uji DH-01, DH-02, dan DH-03 masing-masing sebesar 0,64%, 0,58% dan 0,77%.

• **Grade Batubara**

Grade batubara merupakan terminologi untuk mengindikasikan nilai dari material batubara berdasarkan jumlah dan sifat dari batubara seperti kandungan abu yang nantinya akan mempengaruhi beberapa sifat dari batubara.

Berdasarkan ECE, United Nations (1998) penentuan *grade* batubara didasarkan pada kandungan abu dalam basis db dan terbagi menjadi 4 *grade* yaitu *very low-grade coal*, *low grade coal*, *medium grade coal*, dan *high grade coal*. Semakin menuju *high grade coal* maka kandungan abu akan semakin sedikit. Kadar abu dari 3 sampel menunjukkan nilai diatas 10% maka batubara di wilayah penelitian masuk kedalam kategori *low grade coal-medium grade coal*.

Selain itu, berdasarkan klasifikasi batubara oleh ASTM (1993), kualitas batubara di daerah penelitian termasuk ke dalam kategori batubara *lignit B* dengan nilai kalorinya mencapai 3.853 - 4.294 kal/gram. Batubara dalam rank *lignitic* mempunyai nilai kalori < 6300 BTU/lb (dalam keadaan kering).

• **Hubungan Kualitas dan Lingkungan Pengendapan Batubara**

Penentuan lingkungan pengendapan batubara pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan nilai *Tissue Preservation Index* (TPI) dan *Gelification Index* (GI). Nilai tersebut didapatkan dari perhitungan rumus kandungan maseral yang ada pada batubara. Diagram yang digunakan untuk menentukan lingkungan pengendapan batubara tersebut adalah diagram

Lamberson (1991).

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai GI dan TPI.

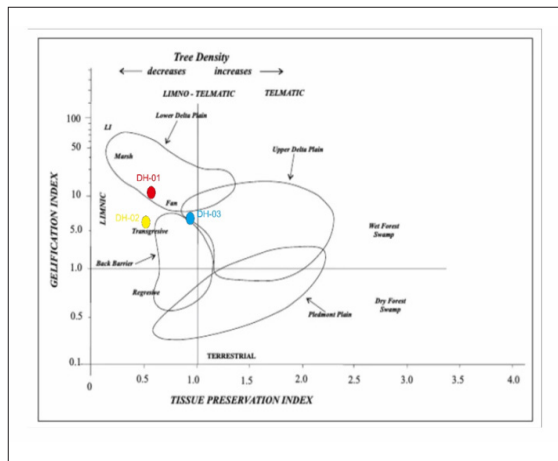
Kode sampel	TPI (%)	GI (%)
DH-01	0.700	15.00
DH-02	0.643	6.199
DH-03	1.007	6.24

Berdasarkan hasil perhitungan nilai GI dan TPI (Tabel 4) sampel batubara memiliki nilai TPI yang bervariasi sekitar 0,1%- 1%. Dari hasil tersebut, nilai TPI <1% yang menunjukkan bahwa nilai TPI tinggi sedangkan untuk GI >5% menunjukkan bahwa nilai GI tinggi. Pada penelitian ini nilai TPI memiliki nilai antara 0,1% - 1% sehingga dapat diasumsikan bahwa nilai TPI yang termasuk rendah hingga tinggi. Sedangkan untuk nilai GI yang didapatkan antara 6% sampai 15%, dapat diasumsikan bahwa nilai GI yang didapatkan termasuk rendah hingga tinggi.

Nilai TPI ditentukan dari perbandingan maseral yang terawetkan dan maseral yang tidak terawetkan. Resistensi dari maseral ditentukan dari kelompok tumbuhan pembentuknya, tanaman yang banyak mengandung lignin seperti tumbuhan kayu akan lebih resisten dibanding dengan tanaman yang banyak mengandung selulosa. Dari harga TPI yang didapatkan dapat menunjukkan kelimpahan dari tanaman kayu atau tanaman perdu yang membentuk batubara tersebut. Makin tinggi nilai TPI menunjukkan tanaman kayu lebih dominan sebagai pembentuk batubara dan sebaliknya semakin rendah nilai TPI maka menunjukkan tanaman perdu lebih dominan sebagai pembentuk batubara.

Nilai GI berhubungan dengan tingkat oksidasi pada proses pengendapan. Nilai GI yang tinggi disebabkan oleh proses oksidasi yang sedikit atau pada saat proses pengendapannya terjadi karena kondisi lembab atau basah yang menyatakan maseral inertinit-nya cukup rendah sedangkan untuk nilai GI yang rendah dapat dikatakan bahwa tingkat oksidasi yang tinggi pada proses pengendapan. Tingkat oksidasi yang tinggi tersebut dapat terjadi akibat proses pengendapan gambut yang terkena udara.

Berdasarkan diagram Lamberson Pada Gambar 10, nilai TPI yang lebih rendah dibandingkan dengan GI menunjukkan bahwa batubara terendapkan dalam lingkungan *lower delta plain* sampai *upper delta plain* dengan stadium berupa *fan* sampai dengan *limnic*.



Gambar 10. Diagram Lamberson (1991).

Pada diagram Lamberson, sampel batubara yang terendapkan berada pada zona *limno-telmatic*. Zona *limno-telmatic* merupakan zona rawa yang digenangi oleh tumbuhan perdu (Suhayadi dan Sriyanti, 2022).

Lingkungan pengendapan yang sangat berkaitan dengan lokasi yang berinteraksi dengan air pasang surut, semakin menuju *upper delta plain* kemungkinan untuk terkena air pasang lebih kecil atau tidak ada. Formasi Kampung Baru berada lebih dekat dengan delta sehingga memiliki lingkungan pengendapan *lower delta plain*.

KESIMPULAN

Penelitian dilakukan pada 3 titik lubang bor (DH-01, DH-02 dan DH-03) yang menembus Formasi Kampung Baru. Ketebalan lapisan batubara di wilayah penelitian bervariasi dari 4,8 - 17,8 meter. Berdasarkan analisis komposisi maseral pada 3 sampel didapatkan komposisi maseral yang lebih dominan yaitu maseral huminit (densinit) yaitu 22,8% - 45% dengan nilai rata-rata sebesar 36,6% pada sub-grup detrohumininit. Pada kelompok maseral liptinit di dominasi oleh maseral kutinit dengan nilai antara 2,6% - 7,6% dengan nilai rata-rata sebesar 6,8 %. Pada kelompok maseral

inertinit di dominasi oleh maseral semifusinit dengan nilai antara 2% - 4% dengan nilai rata-rata sebesar 3,03 %. Mineral *matter* pada batubara yaitu pirit dan lempung dengan nilai pirit 1,8 % - 6,8% sedangkan untuk nilai lempung sebesar 0,8% - 7,6%. Hasil analisis Proksimat dan Ultimat menunjukkan nilai rata-rata *ash content* sebesar 20,60%, *total moisture* sebesar 12,25%, *total sulphur* sebesar 0,66%, dan nilai *gross calorific value* sebesar 4.042,3 kal/gram. Berdasarkan *ash content* dari 3 sampel tersebut, batubara daerah penelitian tergolong dalam *Low grade coal-Medium grade coal* (ECE UN, 1998). Kualitas batubara daerah penelitian termasuk ke dalam kategori batubara *lignit B* dengan nilai kalori 3.853 – 4.294 kal/gram. Batubara dalam *rank lignitic* mempunyai nilai kalori <6300 BTU/lb dalam keadaan kering (ASTM, 1993).

Berdasarkan diagram Lamberson (1991), nilai TPI < GI yang menunjukkan bahwa batubara terendapkan pada lingkungan atau zona *limno-telmatic* dengan fasies lingkungan pengendapan berupa *lower delta plain* dan *upper delta plain* dengan stadium berupa *fan* sampai dengan *limnic*. Zona *limno-telmatic* merupakan zona rawa yang digenangi oleh tumbuhan perdu (Suhayadi dan Sriyanti, 2022). Pada Formasi Kampung Baru berada lebih dekat dengan delta sehingga memungkinkan terendapan pada lingkungan pengendapan *lower delta plain*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas Rahmatnya sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan sebagai syarat kelulusan/publikasi. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran atas perhatian dan dukungan yang diberikan selama proses perkuliahan serta kepada rekan-rekan kuliah yang mendukung penelitian ini dan memberikan masukan saran dan kritik terkait makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, G.P., Chambers, J.L.C., 1998. Regional Geology and Stratigraphy of the Kutei Basin. In: Sedimentation in the Modern and Miocene Mahakam Delta, *IPA Fieldtrip Guidebook*, Chapter 9, 159-171.
- ASTM. 1993. ASTM D388: Standard Classification of Coal by Rank. USA: American Society for Testing and

Material.

- Aulia, A., 2021. Korelasi Parameter Proksimat dan Ultimat terhadap Nilai Kalori Batubara .
- Diessel, C.F.K., 1992. "Coal-Bearing Depositional Systems". Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 721.
- ECE, UN. 1998. International classification of in-seam coals. *UN ECE: Geneva, Switzerland*
- Koesoemadinata, R. P., 1978. Sedimentary framework of Tertiary coal basins of Indonesia. In *Regional conference on geology and mineral resources of Southeast Asia* (3), 621-629.
- Lamberson, M.N., Bustin, R.M., Kalkreuth, W. 1991. Lithotype (maceral) composition and variation as correlated with paleowetland environments, Gates Formations, Northeastern British Columbia. Canada; *International Journal of Coal Geology* (18), 87-124.
- Moss, S., Chambers, J.L.C., 1999. Tertiary Facies Architecture in the Kutai Basin, Kalimantan, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, Vol 17(1), pp 157-181.
- Novita, D., Kusumah, K.D., 2016. Karakteristik dan lingkungan pengendapan batubara Formasi Warukin di Desa Kalumpang, Binuang, Kalimantan Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. 17(3), 139-152.
- Rose, R., Hartono, P., 1978. Geological Evolution of the Tertiary Kutei-Melawi Basin, Kalimantan Indonesia, 225-251.
- Sidiq, N., 2011. Geologi dan Studi Kualitas Batubara pada Seam A, Daerah Binai dan Sekitarnya, Kecamatan Tanjung Palas Timur, Kabupaten Bulungan, Propinsi Kalimantan Timur (Doctoral dissertation, UPN» Veteran» Yogyakarta).
- Suhayadi, F., Sriyanti., 2022, Kajian Lingkungan Pengendapan Berdasarkan Karakteristik Batubara Formasi Pulau Balang, *Jurnal Riset Teknik Pertambangan* V.2, No. 1.
- Sukandarrumidi., 1995. Batubara dan Gambut. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada ; Yogyakarta
- Supriatna, Sukardi, E. Rustandi., 1995. *Peta Geologi Lembar Samarinda*, Kalimantan Skala 1:250.000.
- Sutjipto, R.H., 2020. Karakteristik dan lingkungan pengendapan batubara Formasi Tanjung di daerah Batulicin, Kalimantan Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. 21(3), 157-164.
-