Analisis Proksimat untuk Menentukan Jenis dan Kualitas Batubara Daerah Montallat, Barito, Kalimantah Tengah

Sapto Heru Yuwanto[1], Abraham Syah[2], dan Hendra Bahar[3]
Institut Teknologi Adi Tama Surabaya
e-mail: saptoheru@itats.ac.id[1]

ABSTRACT

This research was conducted in Paring Lahung, Montallat District, North Barito Regency, Central Kalimantan. Coal is identified as a mineral resource and is increasingly being used as an alternative fuel, both for power generation, industry and for domestic export purposes. The proximate method is used in this research to evaluate coal quality, which includes measuring water, ash, volatile matter and bound carbon content. The moisture and ash content of coal can provide an estimate of its calorific value. Based on proximate analysis and classification according to UNECE 1998, this coal is classified as High Grade Coal with an ash content of 4.22% db. The results of the proximate analysis also classified this type of coal as Bituminous Rank (redium rank), with a calorific value of 6818 Kcal/Kg or the equivalent of 28.54 Mj/Kg and a water content of 15.6%.

Keywords: *Types of Coal, Coal Quality, Proximate Analysis*

ABSTRAK

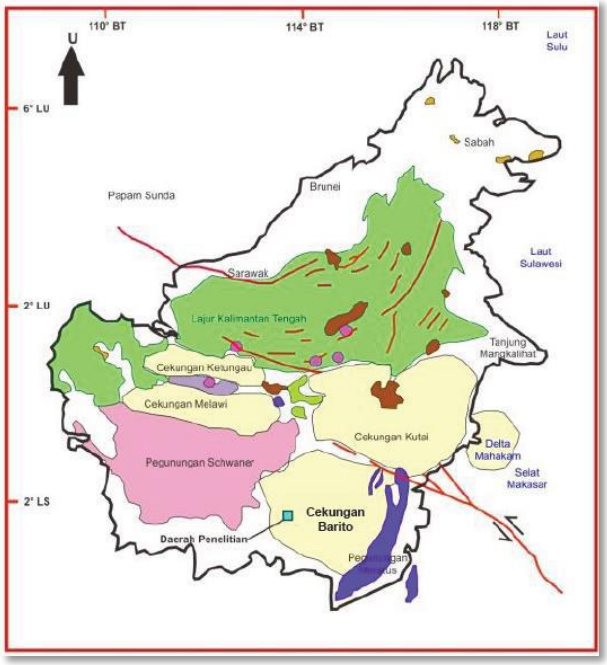
Penelitian ini dilaksanakan di Paring Lahung, Kecamatan Montallat, Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah. Batubara diidentifikasi sebagai sumber daya mineral dan semakin banyak digunakan sebagai alternatif bahan bakar, baik untuk pembangkit listrik, industri, maupun untuk tujuan ekspor domestik. Metode proksimat digunakan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi kualitas batubara, yang mencakup pengukuran kadar air, abu, zat terbang, dan karbon terikat. Kadar air dan abu batubara dapat memberikan perkiraan nilai kalorinya. Berdasarkan analisis proksimat dan klasifikasi menurut UNECE 1998, batubara ini tergolong dalam kelas High Grade Coal dengan kadar abu sebesar 4.22% db. Hasil analisis proksimat juga mengklasifikasikan jenis batubara ini sebagai Bituminous Rank (redium rank), dengan nilai kalori sebesar 6818 Kcal/Kg atau setara dengan 28.54 Mj/Kg dan kadar air sebesar 15.6%.

Kata kunci: Jenis Batubara, Kualitas Batubara, Analisis Proksimat,

PENDAHULUAN

Batubara adalah material padat yang terbentuk dari tumbuhan yang telah mengalami dekomposisi biokimia, kimia, dan fisika di bawah tekanan dan suhu tertentu dalam kondisi bebas oksigen selama periode geologi tertentu. Jenis batubara ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa tingkat, termasuk gambut, lignit, sub-bituminous, bituminous, dan antrasit. Penelitian ini dilakukan di Cekungan Barito di Kalimantan. Cekungan Barito adalah struktur geologi Tersier yang terletak di bagian tenggara dari Schwaner Shield di Kalimantan Selatan. Wilayah ini berbatasan dengan Pegunungan Meratus di timur dan Cekungan Kutai di utara, dengan Laut Jawa di selatan dan Paparan Sunda di barat. Cekungan Barito memiliki rangkaian batuan berumur Paleogen, termasuk batupasir kuarsa, konglomerat, serpih, batulempung, lapisan batubara, dan batugamping yang telah mengalami lipatan dan pergeseran intensif pada akhir zaman Tersier. Tektonik Cekungan Barito mencakup gaya tegangan pada masa Kapur Akhir hingga Miosen Awal, serta gaya tekanan pada masa plio–plistosen, yang menghasilkan struktur patahan dan lipatan. Struktur lipatan di sekitar pegunungan Meratus dipengaruhi oleh sesar naik dengan kemiringan curam. Meskipun demikian, bagian barat dan selatan cekungan ini umumnya sedikit dipengaruhi oleh aktivitas tektonik lempeng. Stratigrafi Cekungan Barito dapat dilihat dari lapisan Batuan Vulkanik Kasale di bagian bawah, di atasnya terdapat Formasi Tanjung yang tidak selaras, kemudian diikuti oleh Formasi Berai dan Formasi Montallat. Formasi Warukin, Formasi Dahor, dan endapan Alluvial merupakan lapisan yang lebih muda secara berurutan.

ISSN 2775-5630



Gambar1. Tatanan tektonik pulau kalimantan [1]

TINJAUAN PUSTAKA

Batubara merupakan jenis bahan bakar padat yang terbentuk dari proses penguraian dan pembatubaraan dalam suatu cekungan, seringkali terletak di daerah rawa, dan terjadi dalam rentang waktu geologis yang mencakup aktivitas biogeokimia pada penimbunan tumbuhan alami yang mengandung selulosa dan lignin. Proses pembentukkan batubara dibagi menjadi dua tahap, yang pertama yaitu tahap biokimia (penggambutan) dan yang kedua yaitu tahap pembatubaraan (*coalification*) [5]. Pada tahap pembatubaraan dibagi lagi dengan teori in-situ dan teori drift. Jenis-jenis batubara dibagi menjadi beberapa kelas, yaitu yang paling awal berjenisgambut, lignit, sub-bituminous, bituminous, dan antrasit. Pembagian kelas ini berdasarkan kandungan batubara yang berbeda-beda, salah satunya yaitu nilai kalor dari batubara. Jika nilai kalor pada batubara semakin tinggi, makan jenis batubaranya juga akan bagus [6]. Penentuan kualitas batubara melalui metode proksimat adalah adalah metode awal untuk mengetahui dan menentukan kadar moisture (air dalam batubara), kadar moisture ini mencakup pula nilai free moisture serta total moisture, ash (debu), volatile matters (zat terbang) dan fixed carbon (karbon yang tertambat) [7].

Kualitas Batubara

Batubara berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang mengalami dekomposisi, yang terdiri dari komponen seperti selulosa. Sifat-sifat batubara mencakup kemudahan terbakar dan komposisi unsur seperti oksigen, hidrogen, karbon, sulfur, nitrogen, klorin, merkuri, dan arsenik. Karbon, oksigen, dan hidrogen adalah unsur yang dominan dalam batubara dan berasal dari proses dekomposisi materi organik. Kualitas batubara ditentukan melalui analisis laboratorium, termasuk analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis proksimat digunakan untuk menentukan kadar air, karbon padat, dan kadar abu, sedangkan analisis ultimat digunakan untuk mengukur kandungan unsur kimia seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur dalam batubara. Batubara juga dapat mengandung mineral seperti pirit dan maseral. Evaluasi kualitas batubara sangat penting untuk menentukan apakah batubara tersebut dapat ditambang, selain dari memperhatikan jumlah cadangan batubara di wilayah tersebut. Parameter kualitas batubara yang dievaluasi melalui analisis proksimat, seperti yang dijelaskan oleh Thomas (2020), mencakup kadar air, abu, materi volatil, dan karbon tetap.

Total Moisture

Total moisture adalah segala kelembaban yang ada dalam batubara yang tidak terikat secara kimia dalam substansi batubara atau kandungan mineralnya. Penentuan total moisture dilakukan melalui prosedur dua tahap, sesuai dengan metode standar ASTM (American Society for Testing and Materials) D-3302 tahun

ISSN 2775-5630

2004. Hasil total moisture digunakan sebagai bagian dari perhitungan hasil analisis dalam basis kering dalam udara untuk mengubahnya menjadi basis diterima, yang merupakan standar dalam perdagangan batubara.

Inherent Moisture

Inherent moisture adalah kelembaban yang dapat dipertahankan oleh batubara saat berada dalam keseimbangan dengan kelembaban relatif 100%. Pada umumnya, kelembaban relatif berada di kisaran 96% - 97% pada kondisi tertentu. Inherent moisture terperangkap di dalam kapiler batubara dan mendapat tekanan dari kelembaban kapiler di permukaan batubara. Oleh karena itu, energi yang signifikan diperlukan untuk mengeluarkan air dari permukaan partikel batubara agar air tersebut menguap.

Kadar abu

Kandungan abu (Ash), sebagaimana ditentukan dalam analisis batubara, merujuk pada residu yang tetap setelah batubara terbakar, dan ini terbentuk sebagai hasil dari perubahan kimia dalam mineral yang ada selama proses pembakaran. Awalnya, abu tersebut tidak hadir dalam batubara, namun terbentuk selama proses tersebut. Oleh karena itu, istilah yang lebih tepat adalah abu hasil daripada kadar abu.

Tabel 1. Klasifikasi Kadar Abu [11]

Kadar Abu (%)	Kelas
15 – 20	Sangat Tinggi
10 – 15	Tinggi
5 – 10	Sedang
< 5	Rendah

Sulfur

Sulfur merupakan salah satu komponen yang terdapat dalam batubara, hadir dalam dua bentuk, yaitu organik dan anorganik. Batubara yang terbentuk di lingkungan pengendapan yang dipengaruhi oleh laut umumnya memiliki kadar sulfur yang tinggi dan mengandung pirit yang berbentuk framboidal dan kristal euhedral. Di sisi lain, batubara yang terendapkan di lingkungan darat atau air tawar biasanya didominasi oleh sulfur organik dengan persentase pirit yang rendah. Batubara dengan kandungan abu dan sulfur rendah biasanya terbentuk di lingkungan darat selama proses pembentukannya, dengan lapisan penutup dan lapisan bawahnya terdiri dari sedimen klastik yang juga mengendap di lingkungan darat. Namun, batubara dengan kandungan abu dan sulfur tinggi umumnya terkait dengan sedimen yang mengendap di lingkungan payau atau laut [12].

Tabel 2. Klasifikasi Kadar Sulfur [12]

Nilai Sulfur (%)	Kelas Batubara
> 1	Tinggi
0,55 – 1	Sedang
< 0,55	Rendah

Calorific Value

Saat menentukan nilai kalori batubara, fokus pada pembakaran karbon dan hidrogen dari bahan organik, serta sulfur dari pirit. Ketika Nilai Kalor Bruto dihitung, setiap uap air yang dihasilkan, baik dari kelembaban dalam sampel batubara atau yang terbentuk dari pembakaran hidrogen, diubah menjadi kelembaban cairan, dan panas yang tersimpan dari penguapan dikompensasi.

Tabel 3. Kelas Batubara berdasarkan Nilai Kalori [13]

Nilai Kalor (cal/g)	Kelas Batubara
< 5100	Rendah
5100 – 6100	Sedang
6100 – 7100	Tinggi
> 7100	Sangat Tinggi

ISSN 2775-5630

Berdasarkan data analisis proksimat, tingkat (rank) batubara dapat ditentukan. Namun, untuk menentukan tingkat tersebut, perlu dilakukan konversi dari hasil berbasis air kering (adb) ke dalam berbasis mineral kering tanpa mineral (dmmf) agar dapat dimasukkan ke dalam klasifikasi tingkat ASTM D-3888 tahun 2004. Analisis mineral kering tanpa mineral (dmmf) mampu memberikan komposisi organik murni. Untuk mengkonversi nilai berbasis air kering ke dalam nilai dmmf, digunakan rumus yang dikenal sebagai Parr Formula [14].

Parr Formulas:

$$FC\ (dmmf) = \frac{[100\ (FC - 0{,}15S]}{[100-(M + 1{,}08A + 0{,}55S)]} \text{ .....(1)}$$

$$VM\ (dmmf) = 100 - FC\ (dmmf) \text{.....(2)}$$

$$CV\ (dmmf) = \frac{[100\ (Btu - 50S]}{[100-(1{,}08A + 0{,}55S)]} \text{.....(3)}$$

Keterangan :

FC = % Karbon Padat (adb)
VM = % Zat Terbang (adb)
M = % Moisture (adb)
A = % Abu (adb)
S = % Sulfur (adb)
Btu = 1,8185.CV (adb)

METODE

Kegiatan penelitian ini dapat diuraikan ke dalam beberapa tahapan pengerjaan Gambar 2, yaitu:

a) Tahap Persiapan

Dalam tahap persiapan meliputi beberapa kegiatan pendahuluan sebelum melakukan pengambilan data lapangan dan pemetaan detail. Adapun dalam tahap persiapan ini terdiri atas : 1). Tahap Pengurusan Administrasi : Dimulai dengan mengurus administrasi yaitu pengurusan surat perizinan kegiatan magang, yang terdiri atas pihak-pihak yang terkait. 2). Tahap Studi Pendahuluan : Pada tahap ini adalah langkah pendahuluan sebelum memulai penelitian dan pengumpulan data lapangan. Ini mencakup studi regional dari wilayah penelitian untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang data geologi di daerah tersebut. Studi pendahuluan juga melibatkan tinjauan literatur untuk memahami dan menganalisis karakteristik data secara langsung di lapangan, memudahkan pelaksanaan penelitian selanjutnya. 3). Tahap Persiapan Perlengkapan Lapangan : Di tahap ini peneliti mulai memperhatikan alat-alat perlengkapan yang akan digunakan di lapanganpenelitian.

b) Tahap Pengambilan Data Lapangan

Setelah melakukan semua di tahap persiapan, maka kegiatan selanjutnya adalah tahap pengambilan data lapangan. Pada tahap pengambilan data ini yaitu dengan mengambil sampling dan mengetahui data perusahaan yang sudah dianalisis sebelumnya.

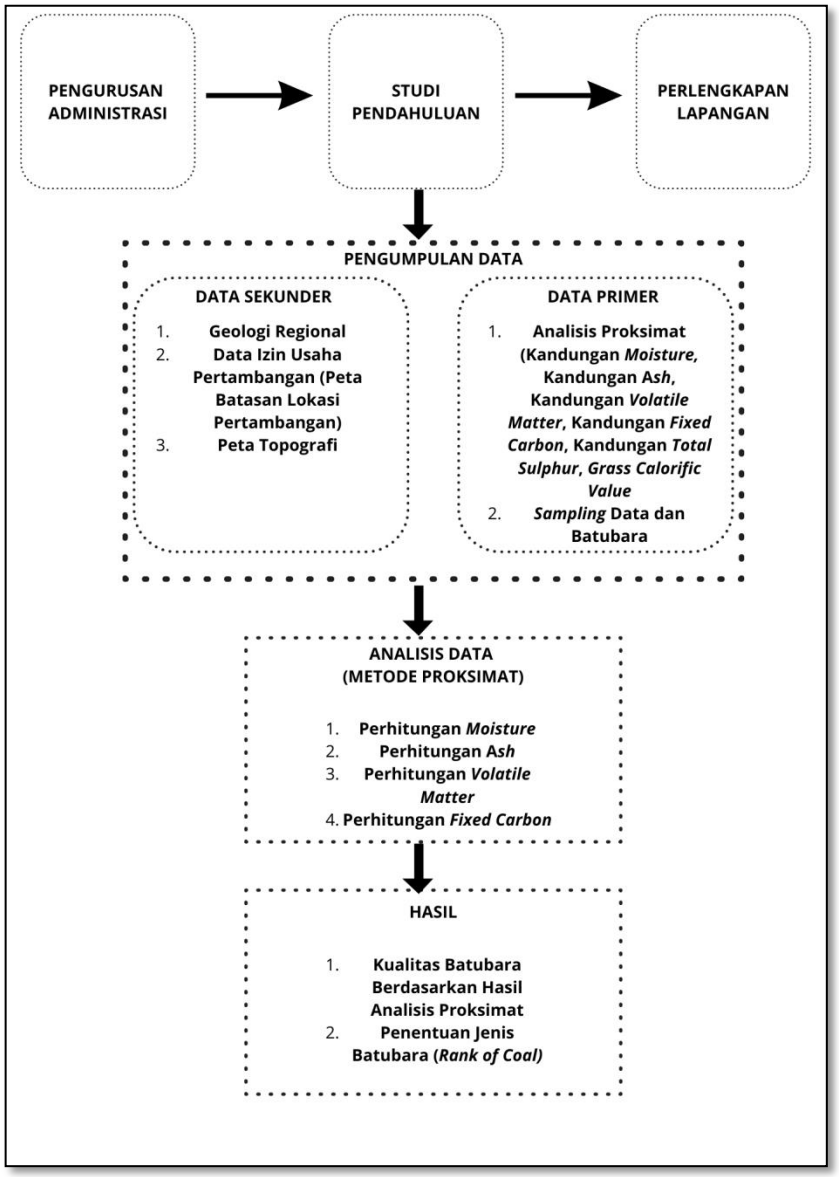
c) Tahap Pengolahan Data Lapangan

Sesudah mengambil data maupun sampling yang berada di lokasi penelitian, langkah selanjutnya yaitu mengolah data yang telah didapat, meliputi menghitung *moisture*, lalu perhitungan *ash*, perhitungan *volatile matter*, dan perhitungan fixed *carbon* dengan menggunakan metode analisis proksimat.

d) Tahap Analisis Data Lapangan

Setelah melakukan tahap sebelumnya yaitu pengolahan data, dilanjutkan lagi dengan menganalisis data yang telah didapatkan di lapangan. Pada tahap ini dilakukan dengan cara menginterpretasi terhadap data yang telah diolah dan juga menyimpulkan hasilnya berdasarkan kualitas batubara dan penentuan jenis batubara (rank) di daerah tersebut.

ISSN 2775-5630



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Proksimat

Proses pengambilan sampling batuan yang diambil langsung dari lokasi penelitian, terdapat 5 blok seam yang meliputi F, G, H1, H, dan J. Kemudian melakukan analisis deskripsi batuan secara megaskopis untuk mengetahui wujud fisik pada sample batuan yang meliputi : warna, kilap, kekerasan, pecahan, ketahanan, ukuran butir, pemilahan, dan jenis dari batubaranya sendiri.

Tabel 4. Hasil Uji Proksimat

No	Parameter analisis	satuan	Kode sampel					Hasil rata-rata
			F	G	H1	H	J	
1	*Total Moisture* (TM)	%(ar)	33,60	33,81	33,72	33,72	33,35	**33,7**
2	*Inherent Moisture* (IM)	%(adb)	15,35	15,58	15,19	15,19	16,47	**15,6**
3	*Ash Content* (Ash)	%(adb)	02,95	02,87	02,76	02,76	02,42	**02,8**
4	*Volatile Matter* (VM)	%(adb)	39,95	39,78	40,19	40,19	39,40	**39,9**
5	*Fixed Carbon* (FC)	%(adb)	41,75	41,77	41,86	41,86	41,71	**41,8**

6	*Total Sulphur* (TS)	%(ad)	00,23	00,21	00,19	00,19	00,20	**00,2**
7	*Gross Calorific Value* (GCV)	(ar)	4304	4311	4346	4346	4407	**4343**

Berdasarkan Tabel 1. Hasil uji proksimat di daerah penelitian, satuan adb (*air-dried based*) dan ad (*air-dried*) yaitu analisa conto batubara yang dilakukan dalam keadaan kelembapan udara sekitarnya. Conto batubara akan dilakukan proses resting atau didiamkan beberapa waktu sehingga kandungan moisture berkurang. Satuan ar (*as received*) adalah analisa conto batubara yang langsung dilakukan ketika conto tersebut diterima di laboratorium sehingga kandungan moisture saat pengambilan kandungan moisture saat pengambilan conto batubara sangat berpengaruh terhdap kualitas. Seperti Tabel 4 di atas, untuk kandungan total moisture memiliki nilai 33.7%, lalu untuk *inherent moisture* memperoleh nilai rataan sekitar 15.6%, pada kandungan *ash* rataan nilai sekitar 2.8%, selanjutnya pada *volatile matter* nilainya adalah 39.9%, fixed carbon memiliki jumlah nilai 41.8%, Total sulphur 0,2% dan Gros Calorific Value 4343 (ar)

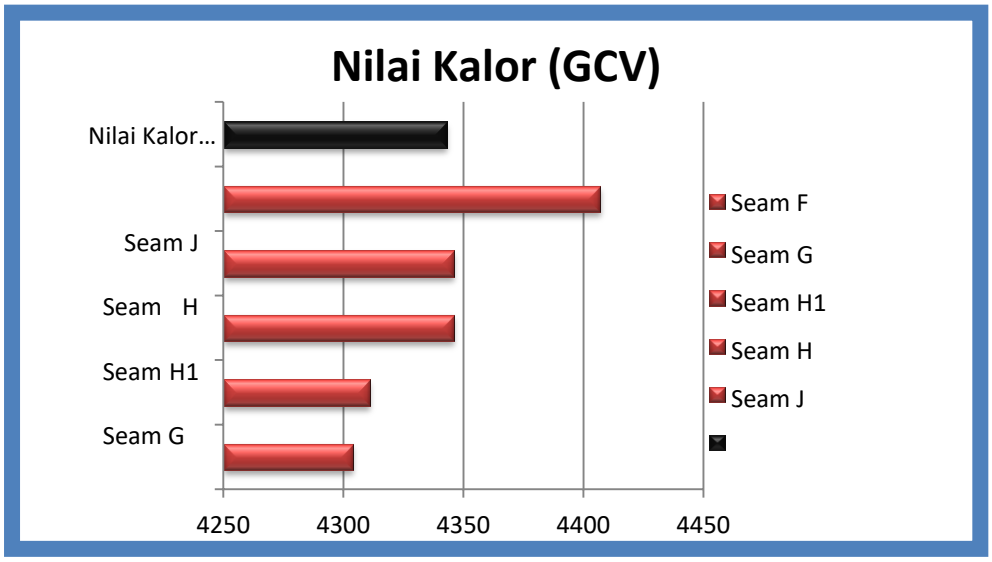
Untuk menentukan kualitas batubara, peneliti juga diperlukan untuk mengetahui kandungan nilai dari *mineral matter* pada suatu batubara. *Mineral matter* adalah bahan organic atau senyawa kimia yang mengandung karbon padat yang terdapat dalam batubara. Untuk perhitungannya, peneliti bisa menggunakan cara persamaan rumus Parr, seperti berikut :

MM rata-rata = 1.05 (ash) + 0.55 (sulphur)
= 1.05 (2.8) + 0.55 (0.2)
= 3.05% (Mineral Matter)

Rata-rata kandungan abu, berdasarkan data tabel analisis proksimat, adalah 2.8% (adb). Untuk mengklasifikasikan kandungan abu sesuai dengan Classification Of In Seam Coal (UN-ECE 1998), perlu mengonversi kandungan abu dari basis adb (as received basis) ke basis db (dry basis), yang menunjukkan kandungan batubara tanpa kelembaban. Berikut adalah cara untuk melakukan konversi dari basis adb ke basis db:

Ash rata-rata (db) = % ash (adb) x 100/(100 – TM)
= 2,8% x 100 / (100 – 33,7)
= 4,22% (db)

Nilai kalor *Gross Calorific Value* (GCV) rata-rata adalah 4.343 cal/kilogram (adb). Untuk mengklasifikasikan batubara tersebut menurut *Classification of in Seam Coal* (UN-ECE 1998) [16], maka nilai basis kalornya harus dikonversi dalam basis moist, ash free (maf). Oleh sebab itu, *Moisture Equilibrium* (EQM) atau *Moisture Holding Capacity* (MHC) harus diketahui, sedangkan pada penelitian kali ini tidak menentukan EQM/MHC.



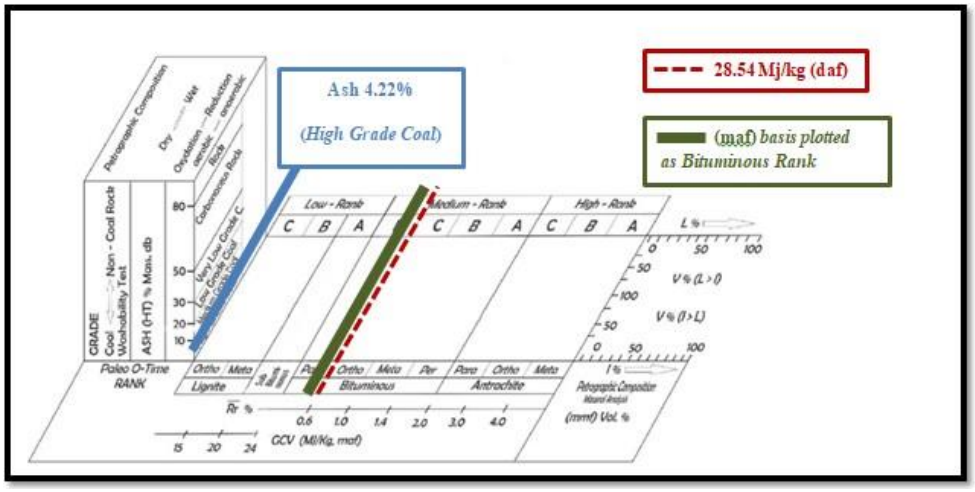
Gambar 3. Hasil Diagram Nilai Rata-Rata Kalor

Pada penelitian ini, klasifikasi batubara mengacu pada Classification of in Seam Coal (United Nations Economic Commission for Europe, 1998), yang berdasarkan kandungan abu dan Nilai Kalor Bruto (Gross

ISSN 2775-5630

Calorific Value, GCV). Dalam penelitian ini, nilai kalor diukur dalam basis kering, bebas abu (dry, ash free, daf) untuk mengklasifikasikan peringkat batubara sesuai dengan Classification of in Seam Coal (UN-ECE 1998), dengan asumsi nilai kalor dalam basis kering, bebas abu (moisture ash free, maf). Asumsi ini didasarkan pada prinsip bahwa kelembaban (kandungan air) mengurangi nilai kalor (maf < daf). Berikut adalah cara untuk mengonversi nilai rata-rata Nilai Kalor Bruto (GCV) dari basis adb (as received basis) ke basis daf (dry, ash free).

Gross Calorific Value (GCV) = GCV (adb) x 100 / 100 – mad – aad
= 4343 kcal/kg x 100 / 100 – 33,7 – 2,8
= 4343 kcal/kg x 1,57
= 6818 kcal/kg atau 28,54 Mj/kg (daf)



Gambar 4. Hasil Plotting Nilai Ash Dan GCV Menurut UN-ECE, 1998 [16]

Dengan mengasumsikan bahwa nilai kalor (moisture ash free, maf) lebih rendah daripada nilai kalor (dry, ash free, daf), dan bahwa nilai kalor (maf) mendekati nilai kalor (daf) karena keduanya memiliki kebebasan abu yang sama, maka batubara dari daerah penelitian dapat dikategorikan sebagai Bituminous Rank (Medium Rank) sesuai dengan Classification of in Seam Coal (UN-ECE, 1998). Rata-rata kandungan sulfur, berdasarkan data gambar, adalah 0.2% (1%). Oleh karena itu, berdasarkan parameter nilai kalor rata-rata (28.54 Mj/Kg dalam basis daf), kandungan sulfur rata-rata (< 1%), dan kelembaban rata-rata 15.6% (> 8%), batubara di lokasi penelitian dapat diklasifikasikan sebagai kualitas cukup baik jika digunakan sebagai bahan bakar atau bahan bakar uap (steam coal), serta dapat digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sesuai dengan Polish Geological Institute (PGI). Berdasarkan Classification of in Seam Coal (UN-ECE, 1998), kualitas batubara ditentukan oleh kandungan abu rata-rata, yang didapat sebesar 4.22% db, dan plot ini sesuai dengan UN-ECE, 1998 (Modifikasi Keijers, 2012), menunjukkan termasuk dalam kelas High Grade Coal. Selain itu, berdasarkan Classification of in Seam Coal (UN-ECE, 1998), jenis batubara juga ditentukan oleh nilai kalor rata-rata, yaitu 28.54 Mj/Kg (daf). Dari nilai kalor rata-rata tersebut, plot menunjukkan sesuai dengan UN-ECE, 1998, termasuk dalam Bituminous Rank (medium Rank).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan diskusi, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Batubara tersebut dapat dikategorikan sebagai Bituminous Rank (Medium Rank), karena memiliki nilai kalori sebesar 6818 Kcal/Kg atau setara dengan 28.54 Mj/Kg (daf).
2. Kualitas batubara, menurut Classification of in Seam Coal (UN-ECE, 1998), termasuk dalam kelas High Grade Coal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] B. Sapiie, A. Rifiyanto, and L. A. Perdana, “Cleats Analysis and CBM Potential of the Barito Basin, South Kalimantan, Indonesia,” *Search Discov. Artic.*, vol. 10653, no. September, pp. 1–19, 2014.

[2] R. A. Van Zuidam, "Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping.," *Aer. photo-interpretation terrain Anal. Geomorphol. mapping.*, 1986.

[3] R. Heryanto and H. Panggabean, "Lingkungan Pengendapan Formasi Pembawa Batuabara Warukin Di Daerah Kandangan Dan Sekitarnya, Kalimantan Selatan," *J. Geol. dan …*, vol. 23, no. 2, pp. 93–103, 2008, [Online]. Available: https://jgsm.geologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/view/93%0Ahttps://jgsm.geologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/download/93/87.

[4] B. Sapiie and A. Rifiyanto, "Tectonics and Geological Factors Controlling Cleat Development in the Barito Basin, Indonesia.," *J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 49, no. 3, 2017.

[5] D. Novita and K. D. Kusumah, "Karakteristik dan Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Warukin di Desa Kalumpang, Binuang, Kalimantan Selatan.," *Geo-resource*, vol. 17, no. 3, pp. 139–152, 2016.

[6] K. Oraee, N. Oraee, A. Goodarzi, and P. Khajehpour, "Effect of discontinuities characteristics on coal mine stability and sustainability: A rock fall prediction approach," *Int. J. Min. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 1, pp. 65–70, 2016, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2015.11.012.

[7] T. A. Oratmangun, L. Sapto Heru Yuwanto, and Utamakno, "Analisis Proksimat Dalam Penentuan Kualitas Dan Jenis Batubara Pada Pt. Bumi Merapi Energi, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatra Selatan," *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, vol. 3, no. 1. pp. 56–59, 2021.

[8] J. G. Speight, *Handbook of coal analysis*. John Wiley & Sons, 2015.

[9] S. Widodo and R. Antika, "Studi Fasies Pengendapan Batubara Berdasarkan Komposisi Maseral di Kabupaten Barru Sulawesi Selatan," *Pros. Has. Penelit. Fak. Tek. Univ. Hasanuddin*, vol. 6, 2012.

[10] L. Thomas, *Coal geology*. John Wiley & Sons, 2020.

[11] A. Arismawati and Z. A. M Yudha, "Analisis Kadar Air, Kadar Abu, Dan Nilai Kalor Batubara Serta Penentuan Klasifikasi Berdasarkan Nilai Kalor." Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2020.

[12] D. A. Fajarwati, P. Lepong, and W. Wahidah, "Analisis Proksimat dan Ultimat Terhadap Total Sulfur dan Nilai Kalori pada Batubara (PT Geoservices Samarinda)," *GEOSAINS KUTAI BASIN*, vol. 6, no. 2, pp. 126–136, 2023.

[13] E. Malaidji, A. Anshariah, and A. Budiman, "Analisis Proksimat, Sulfur, Dan Nilai Kalor Dalam Penentuan Kualitas Batubara Di Desa Pattappa Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan," *J. Geomine*, vol. 6, no. 3, pp. 131–137, 2018.

[14] D. A. Widiarso and F. Nirmala, "Analisa Kualitas Dan Sumberdaya Batubara Lapangan X, Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan," *J. Geomin. (Jurnal Geol. Miner. Dan Batubara)*, vol. 7, no. 1, pp. 64–80, 2022, doi: 10.58522/ppsdm22.v7i1.56.

[15] R. Chatterjee and S. Paul, "Classification of coal seams for coal bed methane exploitation in central part of Jharia coalfield, India–A statistical approach," *Fuel*, vol. 111, pp. 20–29, 2013.

[16] Economic commission for europe committee on sustainable Energy, "International Classification Of in Seam Coal." United Nations, New York, 1998.