

GAMBUT, BATUBARA dan BATUAN SEDIMEN ORGANIK



Dr. Ir. Basuki Rahmad, MT.
Ir. Sugeng Raharjo, MT.
Eko Widi Pramudionhadi, ST., MT.
Ir. Ediyanto, MT.

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
(LPPM)

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
Yogyakarta
2018



GAMBUT, BATUBARA dan BATUAN SEDIMEN ORGANIK

Dr.Ir. Basuki Rahmad, MT.
Ir. Sugeng Raharjo, MT.
Eko Widi Pramudihadi, ST., MT.
Ir. Ediyanto, MT.



Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada
Masyarakat (LPPM)
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Yogyakarta
2018

PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan buku ini. Maksud penyusunan buku ini adalah untuk memberikan informasi awal tentang pentingnya memahami Gambut, Batubara dan Batuan Sedimen Organik khususnya sebagai bahan pertimbangan dalam kegiatan eksplorasi batubara khususnya dalam hal karakteristik batubara, untuk itu penulis memberikan diri untuk menulis buku ini. Buku ini disusun dari beberapa pustaka dan pengalaman pribadi penulis selama mendalami batubara baik melalui kursus, penelitian maupun kegiatan eksplorasi batubara.

Penulis selalu terbuka menerima kritik dan saran demi kesempurnaan dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat.

Yogyakarta, Juli 2018

Tim Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
1. Pembentukan Gambut	1
2. Pembentukan Batubara.....	4
3. Batuan Sedimen Organik Karbonan Pembentuk batubara	19
4. Pengertian Batubara.....	30
5. Karakter Fisik Lapisan Batubara	32
6. Petrologi Batubara	37
6.1 Metoda Analisis Petrografi Batubara	43
6.2 Pantulan Vitrinite (Reflektan Vitrinite/Rv).....	47
6.2.1 Pengukuran Rasio Pantulan.....	47
7. <i>Lithotype</i> Batubara.....	52
8. Pustaka.....	55
Tentang Penulis	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Coalifikasi.....	8
Gambar 2. Derajat coalifikasi	11
Gambar 3. Hubungan Reflektan Vitrinite dengan Kimia Batubara	12
Gambar 4. Perubahan fisik, kimiawi, dan molekul ..	16
Gambar 5. Klasifikasi Batuan Sedimen Organik.....	20
Gambar 6. Stratigrafi Serpih Hitam.....	24
Gambar 7. Pola pengendapan serpih hitam	26
Gambar 8. Hubungan Pirit dengan Karbon Organik .	29
Gambar 9. Framboidal pirit	49
Gambar 10. Framboidal pirit, vitrinite dan sclerotinite	49
Gambar 11. Maseral resinite.....	50
Gambar 12. Maseral telovitrinite dan detrovitrinite ..	50
Gambar 13. Maseral cutinite	51
Gambar 14. Maseral telovitrinite dan detrovitrinite ..	51

DAFTAR TABEL

Table 1. Perbedaan antara gambut dan batubara	3
Table 2. Klasifikasi batubara	6
Table 3. Tahap coalifikasi	18
Table 4. Klasifikasi Maseral Batubara	41
Table 5. Korelasi <i>lithotype</i>	54

1. Pembentukan Gambut

(Penggambutan/*Peatifikasi*)

Peatifikasi atau proses penggambutan merupakan perubahan mikrobial dan kimiawi yang dikenal sebagai proses “*biochemical coalification*”, lain halnya dengan “*geochemical coalification*” yang terjadi setelah proses coalifikasi biokimia dan tidak ada pengaruh dari mikroorganisme. Alterasi (perubahan) paling hebat terjadi (dengan akses oksigen terbatas / reduksi) pada pembentukan gambut yang berada pada kedalaman sekitar 0,5 m dalam “*peatigenic layers*”. Kelompok bakteri aerobik ini adalah *actinomis* dan *fungi aktif*. Seiring dengan bertambahnya kedalaman, material-material organik ini akan diurai oleh bakteri anaerob, tetapi apabila zat asimilasi ini hilang, kehidupan mikrobial berkurang dan akhirnya musnah, biasanya pada kedalaman kurang dari 10 meter yang hanya terjadi perubahan kimiawi, terutama kondensasi, polimerasi, dan pengurangan reaksi.

Proses terpenting selama pembentukan gambut adalah pembentukan *zat humic*. Humifikasi bertambah seiring dengan suplai oksigen, suhu tanah gambut yang naik (tropis) dan lingkungan alkalin. Derajat humifikasi menjadi tergantung pada lapisan, bukan pada kedalaman.

Lapisan gambut bagian atas kandungan karbon akan bertambah dengan cepat bersamaan dengan bertambahnya kedalaman, bila zat yang relatif kaya oksigen pada lapisan peatigenis, terutama *cellulosa* dan *hemicellulosa*, akan menghasilkan *lignin* yang kaya akan kandungan karbon dan pembentukan asam humic baru. Kenaikan karbon dari 45 – 50% menjadi 55 – 60% akan sangat mungkin dalam lapisan peatigenis, tapi pada kedalaman yang lebih besar kandungan karbon sulit berubah (kadang mencapai 64% (daf) pada tanah gambut). Sebaliknya, karena penambahan tekanan, kandungan kelembaban akan turun drastis seiring dengan kedalaman dan menjadi ukuran yang baik untuk pembentukan tanah gambut. Kandungan *cellulosa* merupakan sebuah indikator

berguna untuk mengetahui derajat pembentukan gambut. Untuk membedakan antara gambut dan batubara, adalah kelembaban, kandungan karbon, selulosa bebas dan kekerasan (Tabel 1).

Table 1. Perbedaan antara gambut dan batubara

	Gambut	Batubara coklat/lignite
% kelembaban	> 75	> 75
% karbon (daf)	< 60	< 60
selulosa bebas	ada	tidak ada
bisa dipotong	ya	tidak

Batasan gambut dengan batubara biasanya mencapai kedalaman antara 200 – 400 m.

2. Pembentukan Batubara

Pembatubaraan (Coalifikasi)

Perkembangan dari gambut melalui tahap tingkat perbedaan batubara coklat (lignite), batubara sub-bituminous, bituminous hingga antrasite dan meta-antrasite disebut “pembatubaraan/coalifikasi”.

Coalifikasi hanya bisa dianggap sebagai sebuah proses diagenesa menuju tahapan batubara. Dimulai dari tahap pembentukan batubara coklat yang keras (sub-bituminous), ubahan bahan organik yang begitu kuat dan dapat dilihat sebagai proses metamorfisme, meskipun kondisi mendasar (suhu, waktu, dan tekanan) diperlukan untuk pembentukan batubara bituminous, hal ini akan menghasilkan perubahan diagenesa. Batubara hanya bereaksi jauh lebih sensitif terhadap kenaikan suhu (dan tekanan) dari pada batuan sedimen dan karena ini juga, derajat coalifikasi menjadi indikator yang baik untuk memperkirakan derajat diagenesa batuan sedimen.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses coalifikasi adalah pengurangan *porositas* dan *penambahan anisotrop optikal* yang sejajar dengan bidang lapisan, hal ini dapat dihubungkan bahwa tekanan yang ada akan melebihi tekanan pembebanan seiring dengan kedalaman. Porositas biasanya menurun secara cepat pada awalnya dan diperkirakan karena adanya kelembaban,, oleh karena itu biasanya dijadikan sebagai indikator diagenesa yang baik untuk tanah gambut dan lignite yang masih bisa berubah. Kemudian, derajat coalifikasi diperkirakan lebih dominan dengan parameter kimiawi (karbon, oksigen, hidrogen, dan bahan volatile) atau dengan sifat optis, seperti reflektivitas vitrinit, walaupun semua itu tergantung dari komposisi kimiawinya (Tabel 2)

Selama perubahan kimiawi dalam tahap coalifikasi, indikator pangkat tertentu lebih tepat dibanding yang lain dalam tahapan pangkat khusus, karena perbedaan perilaku coalifikasi dari maseral-maseral tertentu (Gambar 1), studi pangkat komparatif tidak dibawa pada keseluruhan batubara, tapi hanya

pada huminite-vitrinite atau pada intisari maseral-maseral ini. Bahan-bahan humic pada umumnya akan merespon secara bersamaan.

Table 2. Klasifikasi dan sifat batubara coklat (lignite) dan perbedaan antara “Braunkohle” dan “Steinkohle” (menurut istilah Jerman)1

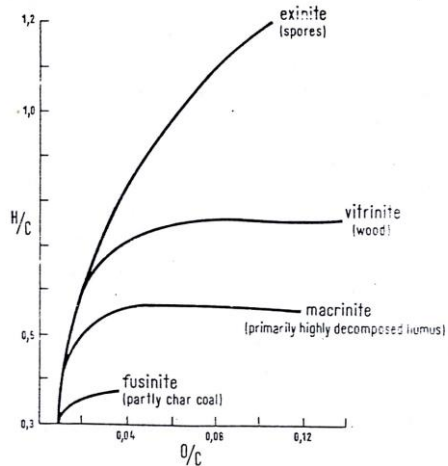
Braunkohle (batubara coklat) Hartbraunkohle (batubara coklat keras)	Tingkat batubara	Megascopie	Microscopie	PATTEISKY & M. TEICHMÜLLER (1960)	Rumus Kimia-Fisika Lapisan (Warna)	Perilaku pada pendidihan dengan KOH	Perilaku pada pencairan dengan HNO ₃
	Weichbraunkohle (batubara coklat halus)	coklat, tak mengkilap, sebagian berbau tanah	volume pori-pori besar, gelifikasi jarang, sel lumen terbuka (tekstinit)	75 – 35% H ₂ O < 4000 kcal/kg ² biasanya < 71 – ca. 71% C ³ ca. 53 – 49% VM ³			
Mattbraunkohle (batubara coklat tak mengkilap)	coklat gelap menuju hitam, tak mengkilap sampai sedikit terang)	volume pori-pori lebih kecil, gelifikasi lebih kuat, sel lumen terbuka (tekstinit) jarang	35 – 25% H ₂ O 400 – 5500 kcal/kg ² Biasanya > 71 – ca. 71% C ³ ca. 53 – 49% VM ³	coklat, kadang hitam	larutan coklat	larutan merah	
Glanzbraunkohle (batubara coklat terang)	hitam, terang	gelifikasi (vitritisasi) lengkap, mikritit belum terbentuk	Biasanya > 8 – 10% H ₂ O 5500 – 7000 kcal/kg ² ca. 71 – 77% C ³ ca. 49 – 42% VM ²				
Steinkohle (batubara bituminous)	hitam, terang	seperti Glanzbraunkohle, mikritit terbentuk	biasanya < 8 – 10% H ₂ O biasanya > 7000 kcal/kg ² biasanya > 77% C ³ biasanya < 77% VM ³	hitam, kadang coklat	tak berwarna	tak berwarna	

Bertambahnya peringkat batubara coklat (lignite) terutama dicirikan dengan penurunan kandungan kelembaban total. Pada tahap batubara coklat halus (lignite), penurunan kelembaban itu sampai sekitar 4% setiap penurunan kedalaman 100 m dan pada tahap batubara coklat yang terang (sub-bituminous B-A) sampai 1% kelembaban / kedalaman 100 - 200 m. Tabel 2 menunjukkan perbedaan tipe batubara coklat (standart Jerman).

Karena kandungan kelembaban menurun, maka nilai kalori batubara akan bertambah (Gambar 1). Penurunan kandungan kelembaban (moisture) sebagian besar tergantung pada berkurangnya porositas dan pembusukan kelompok *fungsiional hidrophyllic*, khususnya kelompok OH. Penurunan secara nyata dapat dilihat saat tahap awal pembentukan batubara coklat (lignite).

Seiring dengan berkurangnya kelompok hidroksil (-OH), kemudian kelompok karboksil (-COOH), kelompok methoksil (-OCH₃), dan

kelompok karbonil ($> C = O$), serta berkurangnya ikatan oksigen, menyebabkan kandungan karbon akan meningkat secara berangsur.



Gambar 1. Diagram Coalifikasi dari maseral yang berbeda berdasarkan H/C : reaksi atom O/C (VAN KREVELEN, 1961).

Selama tahap batubara coklat keras (dari lignite meningkat ke sub-bituminous), sisa terakhir dari lignin dan cellulosa diubah menjadi bahan humic dan asam humic padat menjadi molekul-molekul yang lebih besar, dengan menghilangkan kandungan asamnya untuk membentuk “humine” alkali-insoluble (zat yang tidak dapat larut). Metoda KOH dapat untuk

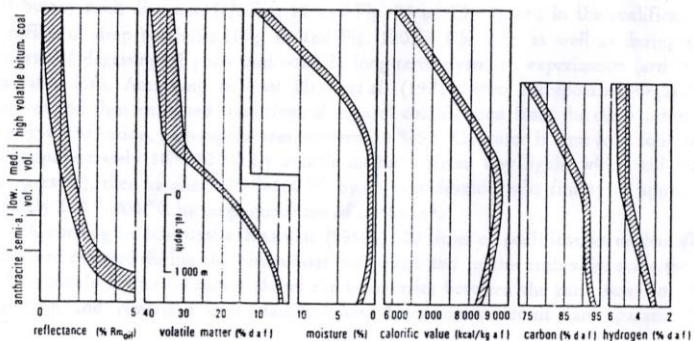
membedakan antara batubara coklat dengan batubara bituminous berdasarkan pada reaksi : asam humic yang bisa terlarut dalam KOH,

Selama tahap batubara coklat keras (dari lignite meningkat ke sub-bituminous), sisa terakhir dari *lignin* dan *cellulosa* diubah menjadi *bahan humic* dan *asam humic padat* menjadi molekul-molekul yang lebih besar, dengan menghilangkan kandungan asamnya untuk membentuk "*humine*" *alkali-insoluble* (zat yang tidak dapat larut). Metoda KOH dapat untuk membedakan antara batubara coklat dengan batubara bituminous berdasarkan pada reaksi : *asam humic* yang bisa terlarut dalam KOH, sedangkan *humine* tidak mengalami pelarutan. Sedangkan volatile matter menunjukkan perubahan yang relatif kecil selama tahap pembentukan batubara coklat (lignite) dan hasil dari reaksi volatile matter yang didominasi oleh karbondioksida dan air bersama-sama dengan methane (dari kelompok methoksil dalam lignin). Perubahan paling besar terjadi pada aspek petrografisnya dan perubahan ini berada pada batasan antara tahap

batubara coklat pudar dan terang (batubara sub-bituminous C/B). Perubahan ini disebabkan oleh gelifikasi geokimia (vitritisasi) dari zat-zat humic yang merupakan tipikal dari tahap tingkatan ini. Batubara akan menjadi hitam dan mengkilap selama gelifikasi sehingga batubara coklat terang (sesuai dengan batubara sub-bituminous B-A) akan nampak serupa dengan batubara bituminous, tapi berbeda dari yang ada dalam ciri-ciri seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 (sisi sebelah kanan).

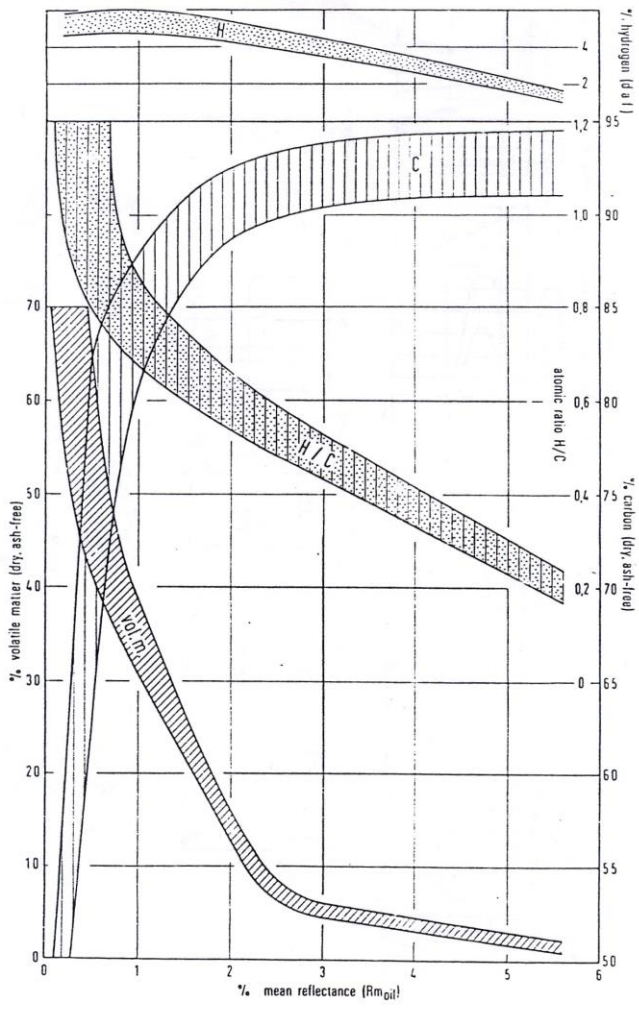
Perkembangan coalifikasi batubara bituminous volatile tinggi/*high volatile bituminous* (> 30% V.M (daf)) sama dengan pada batubara coklat (sub-bituminous), terutama pada penurunan kelembaban (moisture) dan peningkatan nilai kalorinya (calorific value). Pada tahap batubara bituminous selanjutnya (< 30% - 10% V.M.), bahan volatile, yang utamanya terdiri dari fraksi batubara non-aromatik, akan turun drastis sebagai akibat dari pemindahan kelompok *aliphatik* dan *alisiklik*, serta penambahan *aromatisasi* dari kelompok *humic*. Gambar 3 menjelaskan bahwa

dalam meningkatnya rank batubara seiring dengan meningkatnya nilai reflektans vitrinite, hal ini mirip dengan penurunan bahan volatile, karena kedua parameter ini saling berhubungan dengan derajat aromatisasi dari unit struktural vitrinite. Hal ini akan berlawanan dengan volatile matter, dimana karbon merupakan petunjuk, walaupun relatif kecil dalam urutan batubara bituminous dengan nilai volatile matternya $< 30\%$, karena hanya sedikit yang berubah seiring dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 2).



Gambar 2. Meningkatnya derajat coalifikasi seiring dengan bertambahnya kedalaman berdasarkan analisis vitrinite dan reflektans vitrinite dari lubang bor dan test pit (M & R., TEICHMÜLLER, 1967).

Fundamentals of coal petrology



Gambar 3. Hubungan antara reflektansi vitrinite dengan parameter tingkat kimia yang berbeda (TEICHMÜLLER, 1967).

Berdasarkan perubahan gradient geothermal, penurunan cekungan hingga kedalaman 1500 m, atau lebih besar > 1500m (2500m – 4000 m), merupakan pengaruh yang sangat kuat untuk membentuk batubara bituminous.

Pada tahap pembentukan batubara antrasite, dicirikan dengan adanya penurunan kandungan oksigen, perbandingan rasio atom H/C, meningkatnya reflektans vitrinite dan menurunnya anisotropi optikal (Gambar 2 dan 3). Meningkatnya gas methane berhubungan dengan berkurangnya oksigen, yang mulai kira-kira pada 87% karbon dan 29% kandungan bahan volatile dalam pembentukan batubara bituminous (Gambar 4).

Perubahan struktur kimiawi zat-zat humic selama proses coalifikasi bituminous dan antrasite, dapat dilihat dalam bentuk diagram (Gambar 4). Bentuk segienam menunjukkan fraksi aromatik, garis-garis fraksi alifatik, yang berangsur-angsur menghilang, sementara bahan-bahan aromatik

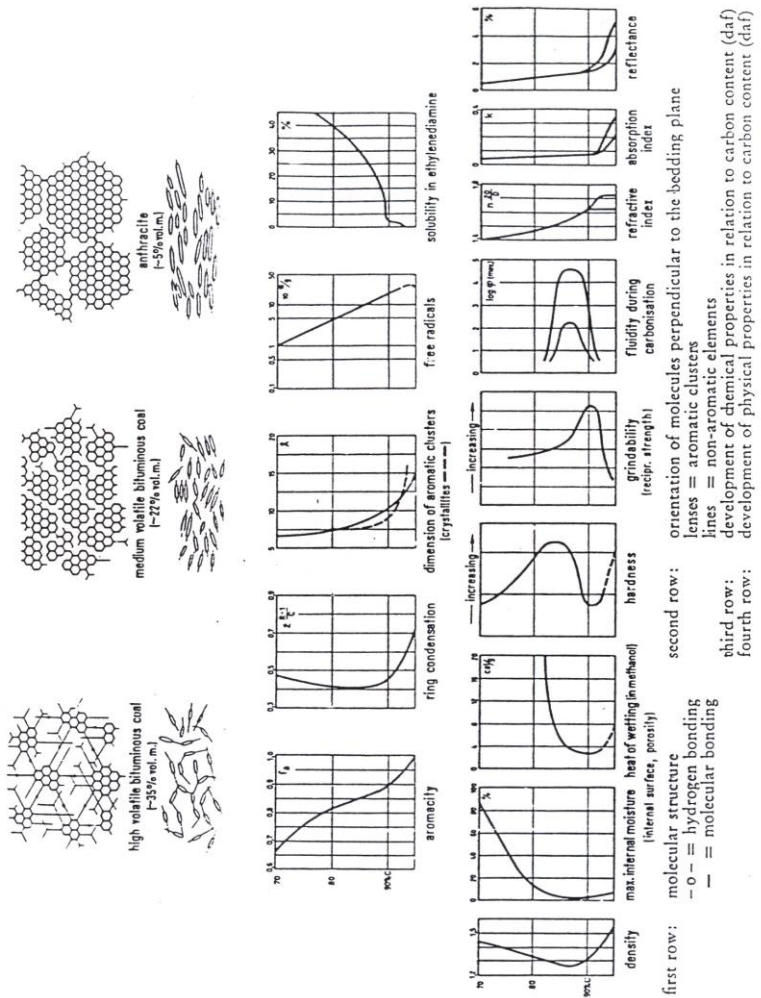
bergabung dalam bagian diagram yang lebih besar. Pada gambar 4, peningkatan orientasi dari unit dasar humic akan sejajar dengan bidang yang ditunjukkan dengan peningkatan orientasi sifat optis reflektans vitrinite.

Dalam urutan pematangan batubara dengan kandungan karbon berkisar 87% – 89%, maka pada tingkatan ini menyebabkan sebagian besar oksigen hilang sementara kandungan hidrogen tetap tinggi, karena pada tahap awal pembentukan batubara bituminous, kandungan oksigen yang melimpah (baik karbondioksida dan air) akan dilepaskan secara intensif, kemudian akan digantikan oleh gas methane (CH_4) (dimana kandungan volatile matternya $< 29\%$). Dengan demikian pada tingkat tertentu, variasi dalam reaksi coalifikasi bisa diamati dan dapat berhubungan dengan gangguan kesetimbangan reaksi kimiawinya. Gangguan-gangguan ini dapat dilihat pada perubahan kurva coalifikasi dalam diagram tingkat biner (Gambar 3) dan dalam profil coalifikasi dari data

pemboran (Gambar 2), dan juga dapat dilihat selama proses *degassing* gambut dan batubara.

Menurut VAN HEEK dkk. (1971), hasil perhitungan kurva *degassing* dan kurva proses coalifikasi alami, bahwa selama tahap coalifikasi awal, yaitu pada suhu antara 20° – 50° C, maka pertama kali kandungan air akan berkurang, diikuti dengan sedikit pembentukan gas methane (CH₄) pada suhu antara 30° – 70° C (walaupun lignite sekalipun), kemudian gas karbondioksida (CO₂) pada suhu sekitar 70° – 200° C, dan akhirnya oleh sejumlah besar gas methane (CO₂) pada suhu kira-kira 160° – 200° C.

Tabel 3 menunjukkan batasan antara tingkatan peringkat klasifikasi batubara Jerman dan Amerika, berdasarkan parameter yang berbeda.



Gambar 4. Perubahan fisik, kimiawi, dan molekuler selama coalifikasi batubara bituminous dan anthrasit (M. & R. TEICHMÜLLER, 1954, 1968).

Keterangan Gambar 4 :

- Baris pertama :
Struktur molekuler

- o - = ikatan hidrogen

— = ikatan molekuler
- Baris kedua :
Orientasi perpendikuler molekul pada bidang landasan

Lensa = kluster aromatik

Garis = elemen non-aromatik
- Baris ketiga :
pengembangan sifat kimiawi dalam kaitannya dengan kandungan karbon (daf).
- Baris keempat :
pengembangan sifat fisik dalam hubungannya dengan kandungan karbon (daf).

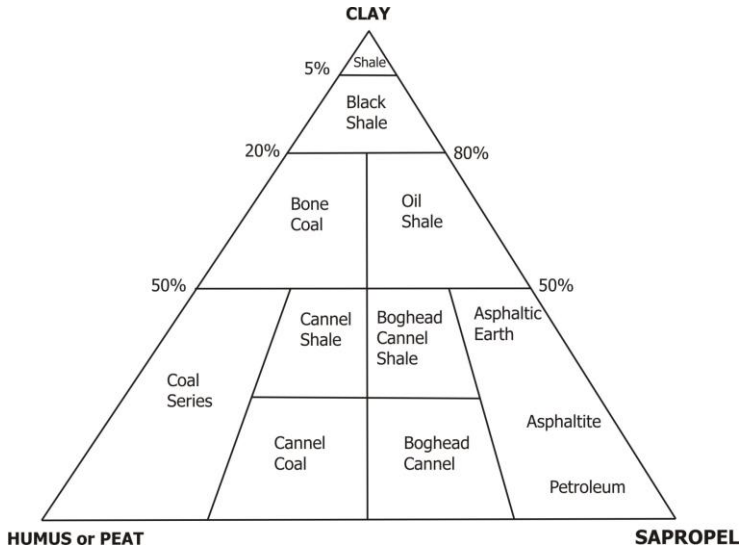
Table 3. Tahap coalifikasi yang berbeda menurut klasifikasi Jerman (DIN) dan Amerika (ASTM) dan perbedaan ciri fisik dan parameter kimiawi. Kolom terakhir menunjukkan aplikasi dari berbagai parameter tingkatan terhadap tahap coalifikasi yang berbeda.

Rank		Refl. Rm _{Oil}	Vol. M. c. a. f. %	Carbon d. a. f. Vitrite	Bed Moisture	Cal. Value Btu/lb (*cal/kg)	Applicability of Different Rank Parameters
German	USA						
Torf	Peat	0.2					
<hr/>							
Weich-	Lignite	0.3		ca. 60	ca. 75		
Matt-					ca. 35	7200 (4000)	
<hr/>							
Glanz-	Sub-Bit. C	0.4		ca. 71	ca. 25	9900 (5500)	
		B	0.5				
			A	0.6		ca. 8-10	12600 (7000)
Flamm-	B	0.7					
Casflamm-			0.8				
<hr/>							
Gas-	High Vol. Bituminous A	1.0					
			1.2		ca. 87		15500 (8650)
Fett-	Medium Volatile Bituminous	1.4					
<hr/>							
Ess-	Low Volatile Bituminous	1.6					
		1.8					
Mager-	Semi-Anthracite	2.0					
<hr/>							
Anthrazit	Anthracite	3.0		ca. 91		15500 (8650)	
Meta-Anthr.	Meta-A.	4.0					

Parameter	Applicable Ranks (German)	Applicable Ranks (USA)
bed moisture (ash-free)	Torf, Weich-, Matt-, Glanz-, Flamm-, Casflamm-, Gas-, Fett-, Ess-, Mager-	Peat, Lignite, Sub-Bit. C, B, A, High Vol. Bituminous A, B, Medium Volatile Bituminous, Low Volatile Bituminous, Semi-Anthracite
caloric value (moist, ash-free)	Torf, Weich-, Matt-, Glanz-, Flamm-, Casflamm-, Gas-, Fett-, Ess-, Mager-	Peat, Lignite, Sub-Bit. C, B, A, High Vol. Bituminous A, B, Medium Volatile Bituminous, Low Volatile Bituminous, Semi-Anthracite
carbon (dry, ash-free)	Glanz-, Flamm-, Casflamm-, Gas-, Fett-, Ess-, Mager-	Sub-Bit. C, B, A, High Vol. Bituminous A, B, Medium Volatile Bituminous, Low Volatile Bituminous, Semi-Anthracite
volatile matter (dry, ash-free)	Glanz-, Flamm-, Casflamm-, Gas-, Fett-, Ess-, Mager-	Sub-Bit. C, B, A, High Vol. Bituminous A, B, Medium Volatile Bituminous, Low Volatile Bituminous, Semi-Anthracite
reflectance of vitrite	Glanz-, Flamm-, Casflamm-, Gas-, Fett-, Ess-, Mager-	Sub-Bit. C, B, A, High Vol. Bituminous A, B, Medium Volatile Bituminous, Low Volatile Bituminous, Semi-Anthracite
hydrogen (d. a. f.)	Anthrazit, Meta-Anthr.	Anthracite, Meta-A.
moist	Anthrazit, Meta-Anthr.	Anthracite, Meta-A.
X-ray	Anthrazit, Meta-Anthr.	Anthracite, Meta-A.
diffr	Anthrazit, Meta-Anthr.	Anthracite, Meta-A.

3. Batuan Sedimen Organik Karbonan Pembentuk batubara

Batubara merupakan akumulasi sedimen organik bercampur dengan karbon, hasil dari proses diagenesa unsur-unsur tumbuhan. Batubara dapat didefinisikan sebagai “batuan yang mengandung lebih dari 50% berat bahan yang mudah terbakar serta lebih dari 70% berupa material karbon, terbentuk dari hasil kompaksi atau ubahan sisa-sisa tumbuhan atau gambut. Umumnya batubara komposisinya adalah ubahan sisa-sisa tumbuhan darat yang berumur Paleozoikum Akhir/yang lebih muda. Campuran batuan sedimen organik terdiri dari clay, peat (non consolidated plant debris) dan sapropel (fine grained sediment of algae and bacteria) (Gambar 5)



Gambar 5. Klasifikasi sedimen yang kaya organic berdasar kandungan humus, sapropelik (dalam Mc Lane, 1995)

Batubara terbentuk dari gambut terakumulasi secara insitu dari sisa-sisa tumbuhan yang terawetkan (preservasi) atau teroksidasi (oksidasi) secara lambat serta adanya perubahan oleh bakteri. Sisa-sisa tumbuhan tersebut terendam di air yang tenang sebagai endapan gambut. Adanya unsur pH dan eH rendah, sangat dibutuhkan untuk pengawetan unsur

organik di lingkungan pengendapannya, menuju derajat yang lebih tinggi, lingkungan kimiawi menyebabkan menurunnya derajat unsur tumbuhan sehingga bisa terawetkan dengan baik.

Jumlah bakteri pembusuk dari sisa-sisa tumbuhan terendam di air menyebabkan lingkungan anoxic; berkurangnya nilai pH hingga rendah menjadikannya sebagai “tannic acids” (asam tannic), sedangkan asam organik lainnya akan hilang di dalam air berupa akumulasi biogenic H_2S dan CO_2 .

Umumnya gambut terbentuk di rawa-rawa tropis dan marsh pantai di tanah yang berlumpur di daerah iklim sedang. Sedangkan batubara umumnya berasosiasi dengan fluvial-deltaic. Komposisi akumulasi sisa-sisa tumbuhan tersebut apakah dikontrol air tawar, air payau atau air laut dan juga apakah dikontrol oleh iklim kering, air hangat atau air dingin. Faktor-faktor tersebut tergantung dari kontrol rata-rata hasil akhir akumulasi gambut serta dari ciri-ciri batubaranya. Di daerah iklim hangat (sedang) sangat cocok untuk

menghasilkan tumbuhan tingkat tinggi, hal itu juga akan mengandung kecepatan pembusukan serta merusak unsur-unsur tumbuhan. Sedangkan di iklim dingin akan menghasilkan tumbuhan tingkat rendah, hal ini tergantung dari tingkat perusakannya. Tipe-tipe tersebut hanya sekitar 10% dari unsur tumbuhan dihasilkan di lingkungan pembentuk gambut, sehingga benar-benar terawat dengan baik.

Kandungan sulfur yang tinggi (pyrite atau marcasite) berasosiasi dengan lingkungan pembentuk peat marine. Nilai pH yang rendah pada freshwater di lingkungan pembentuk peat merupakan petunjuk kandungan sulfur rendah dan abu rendah. Secara kimiawi kandungan sulfur secara vertical di lapisan gambut secara berurutan bisa berubah-ubah dari tinggi ke rendah, sedangkan secara lateral kandungan sulfur juga bisa berubah-ubah, hal ini akan mencerminkan lingkungan pembentuk batubara.

Batubara bisa diukur luas penyebarannya; secara bertingkat karakteristik batubara dapat berubah sesuai

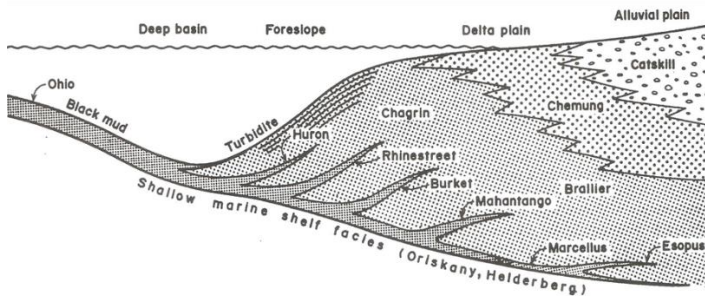
dengan diagenesa, hal ini disebut “RANK”. Proses pembatubaraan atau perubahan diagenesa dari gambut ke batubara, diawali dengan pembusukan sisa-sisa tumbuhan secara biologi, kemudian kandungan air (moisture) akan terperas keluar karena kompaksi dan burial temperatur yang berubah, hal ini menyebabkan hilangnya komponen volatile.

Meningkatnya rank dimulai dari peat - lignite - batubara bituminus sampai antrasite, yang kesemua itu merupakan “progressive darkening” sehingga menyebabkan: menurunnya densitas, menurunnya “solubility”, menurunnya kandungan volatile dan moisture dan meningkatnya konsentrasi fixed carbon (FC), meningkatnya calorific value (CV), hingga sampai tahap bituminus secara tiba-tiba bisa berkembang menjadi gas metana/CH₄.

Beberapa batuan organik seperti “oil shale” batuan tersebut dapat menghasilkan minyak bila dilakukan analisa bakar (retorting), batuan tersebut sebenarnya adalah “shale”, lingkungan pengendapannya adalah

lacustrine merupakan sisa-sisa dari freshwater atau brackish berupa algae hijau (green algae/chlorophyta).

Batuan organik karbon (batubara) berasosiasi dengan “black shale” dan bisa berselingan dengan mudstone, batupasir dan konglomerat (Gambar 6).



Gambar 6. Hubungan stratigrafi serpih hitam dalam susunan terrigenous di Cekungan Appalachians (dalam Mc Lane, 1995)

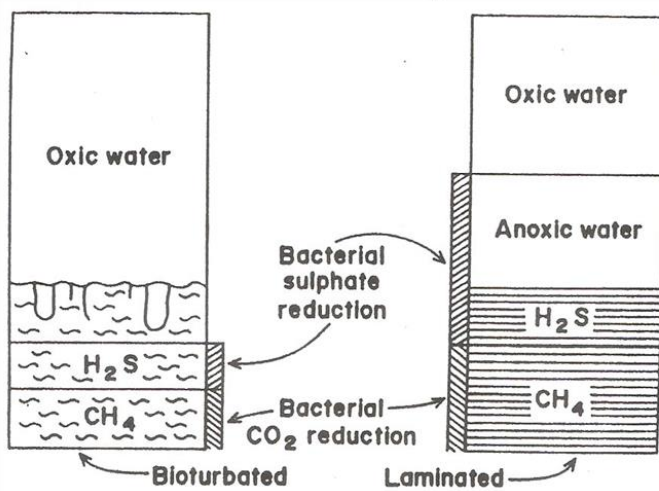
Menurut Moore (1980) faktor yang mempengaruhi adalah akumulasi unsur organik serta rombakan mineral di lingkungan berair (aquatic). Faktor utamanya adalah produktifitas biologi primer lapisan air bagian atas yang berbatasan dengan permukaan tanah, berupa sistem transportasi dari unsur organik menuju tempat pengendapannya, ukuran partikel sedimen dan kecepatan pengendapan serta degradasi

(perusakan) biokimia dari sedimen bahan-bahan organik yang telah mati yang kontak dengan lapisan bagian bawah. Konsentrasi sisa organik dalam sedimen secara luas merupakan rate of deposition dari material anorganik yang relatif sama dengan rate of deposition sisa organik.

Phytoplankton (phytol) berasal dari Chlorophyll-A merupakan bahan organik sebagai sumber pokok bahan sedimen yang ada di dalam air berupa “marine black shale”, sumber lain adalah unsur tumbuhan darat yang tertransport menuju laut atau sungai. Proses penguraian dilakukan oleh bakteri pembusuk di dalam air. Dimana oksigen cukup tersedia; unsur organik teroksidasi oleh bakteri anaerob, sedangkan CO₂ terus berkembang.

Pada lingkungan anoxic, bakteri anaerob mengoksidasi unsur organik dengan cara mereduksi nitrat/nitrogen; hal ini merupakan proses untuk melepas molekul nitrogen. Pada saat nitrat/nitrogen habis, maka bakteri anaerob akan menggunakan sulfat

sebagai oxidant (anti bakteri anaerob), untuk melepaskan H_2S dan pada saat sulfat habis, maka proses fermentasi berjalan terus, menghasilkan gas metana (CH_4), yang merupakan salah satu hasil dari beberapa macam proses fermentasi. Proses pengawetan (preservation) bahan organik secara langsung dalam sedimen (Gambar 7) merupakan bagian dari proses degradasi oleh bakteri.

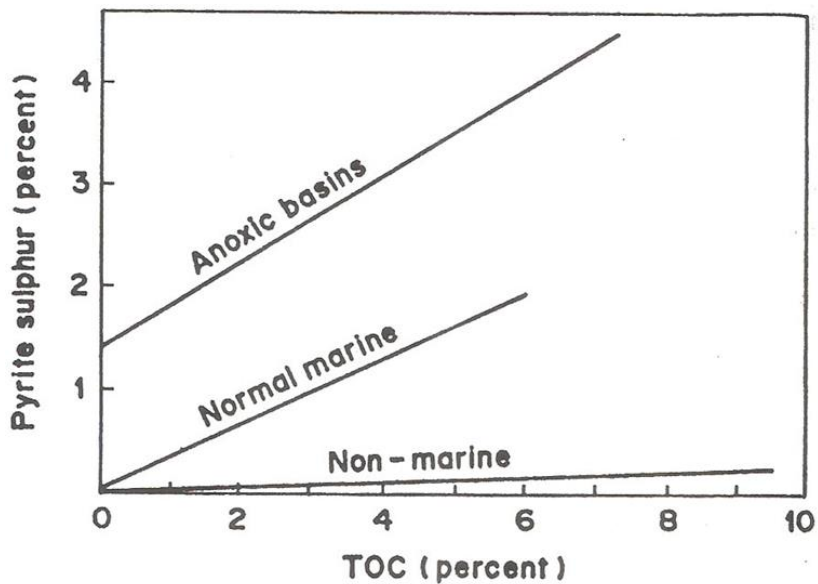


Gambar 7. Pola pengendapan serpih hitam di bawah kondisi oxic dan anoxic (dalam Mc Lane, 1995)

Proses transportasi sisa-sisa bahan organik akan tertransportasi melalui *oxygenated* transported atau tergantung dari lingkungan pengendapan dan derajat oksidasi. Jarak transport yang pendek dan laju pengendapan sangat mendukung proses pengawetan dan akumulasi bahan organik. Endapan sedimen laut dalam mengandung sedikit bahan organik dibanding endapan sedimen laut dangkal, hal ini sebagian disebabkan oleh waktu yang dibutuhkan untuk menghancurkan bahan organik adalah sangat lama menuju suatu lingkungan dimana terdapat genangan air yang luas. Salah satu endapan sedimen adalah hasil rombakan fauna bentos yang hidup disepanjang dasar air yang sedikit agak oxic (paling sedikit mengandung oksigen terlarut pada level oksigen 0,3 ml/l). Makanan endapan fauna di dasar air tersebut secara luas akan berkurang (hilang) pada konsentrasi oksigen yang lebih rendah, sedangkan makanan fauna dalam endapan suspensi akan menghilang pada level oksigen di bawah 0,1 ml/l.

Proses difusi atau pencampuran oksigen akan berhenti pada saat terbentuk bioturbasi di dalam sedimen, dan bakteri pereduksi nitrat dan sulfat juga akan berkurang. Sulfida khususnya pyrite yang ada di dalam sedimen merupakan hasil bakteri pereduksi sulfat/bacterial sulphate reduction (umumnya pelarutan dalam air/solution in pore water). Frekuensi dan tingkatan untuk menghasilkan sulfida tergantung dari kehadiran sulfat dan nutrisi sedimen organik karbon di dalam bakteri tersebut. Grafik konsentrasi TOC (Total Organic Carbon) di dalam sedimen terhadap konsentrasi sulfida sulfur akan terlihat perbedaannya penggunaannya antara lingkungan pengendapan: freshwater, normal marine, dan dysaerobic. Pada lingkungan freshwater, konsentrasi sulfat adalah rendah, sedangkan pyrite terlihat dalam jumlah sedikit, tidak ada bahan organik yang terkandung di dalam sedimen tersebut (Gambar 8). Pada lingkungan marine konsentrasi bahan organik lebih banyak sulfatnya walaupun sangat terbatas, sedangkan pyrite-sulfur ada hubungannya (korelasinya) dengan TOC. Sedimen

pada lingkungan normal (oxic) marine memberikan korelasi berupa garis tegas yang berhubungan dengan sumber asalnya. Adanya kondisi anoxic di dasar air, sulfida akan terbentuk di dalam sedimen dan di dalam anoxic water. Kandungan pyrite relatif terhadap TOC di dalam sedimen umumnya tinggi dari pada pyrite yang ada di lingkungan oxic



Gambar 8. Hubungan antara kandungan pirit organik dengan karbon organik dalam serpih hitam (dalam Mc Lane, 1995)

4. Pengertian Batubara :

Definisi Geologi :

A black colored, compact and earthy organic rock with less than 40% inorganic components (based on dry material) formed by the accumulation and decomposition of plant material “the general name for naturally occurring, commonly stratified, rock like, black to brown derivatives of forest-type vegetation that accumulated in peat bed which, by burial and dynamochemical processes, was compressed and altered to material with increasing carbon content and that does not contain so much incombustible material as to be unfit for fuel.

a. Thiessen (1947) :

Coal is complex substance consisting of many different constituents representing many chemical compounds, very few of which are known. It is homogenetic, however, in that it is derived almost entirely from plants. But plants as a whole are

complex, being composed of a large number of tissues, each consisting of a large number of cells in a great number of arrangement and composed of a number of chemical compounds in great variety of proportions and enclosing a large number of waste product representing a large number of chemical compounds as cell content. Coal should therefore be expected to be a very complex substance.

b. James M. Schopf (1956)

Coal is a readily combustible rock containing more than 50% by weight and more than 70% by volume of carbonaceous material, formed from compaction or induration of variously altered plant remains similar to those of peaty deposits. Differences in the kinds of plant

Material (type), in degree of metamorphism (rank) and range of impurity (grade), are characteristic of the varieties of coal.

5. Karakter Fisik Lapisan Batubara (Deskripsi Batubara)

Batubara merupakan endapan organik yang mutunya sangat ditentukan oleh beberapa faktor antara lain kondisi cekungan, umur dan banyak kontaminasi lainnya. Penggunaan untuk industri (PLTU, Semen, Cokas dll), maka kualitas batubaranya harus disesuaikan dengan pemakaian dan pemanfaatannya.

Parameter kualitas batubara berdasarkan karakteristik pengamatan lapangan sangat perlu diperhatikan khususnya dalam pengambilan contoh geologi batubara. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengambilan contoh geologi batubara adalah karakter fisik batubara saat pengamatan lapisan batubara di lapangan seperti :

1. Warna

Warna batubara bervariasi dari coklat hingga hitam legam. Penyusunnya terdiri dari litotipe :

- a) ***Vitrain***, (berbentuk lapisan, melensa, sangat

mengkilap, pecahaan konkoidal/kubik, ketebalan 3 – 5 mm, kaya akan maseral vitrinite yang berasal dari kayu dan serat kayu, b) *Clarain*, (berbentuk lapisan-lapisan tipis sebagian mengkilap dan kusam, tebal < 3 mm, kaya akan maseral vitrinite dan liptinite berasal dari spora, kutikula, serbuk sari dan getah, c) *Fusain*, hitam atau abu-abu hitam, kilap sutera, berserabut, gampang diremas, kaya akan maseral fusinite, d) *Durain*, abu-abu hitam kecoklatan, permukaan kasar, kilap berminyak (greasy) kaya akan maseral liptinite dan inertinite)

2. Gores

Warna gores bervariasi dari hitam legam hingga coklat. Lignite mempunyai gores coklat, bituminous goresnya hitam sampai hitam kecoklatan. Cara mengetahui warna gores batubara disarankan batubara digoreskan pada kertas. Ada dua warna gores batubara yaitu: coklat dan hitam.

3. Kilap

Kilap tergantung dari tipe dan derajat batubara. Kilap kusam umumnya derajat rendah (low rank), sedangkan batubara derajat tinggi (high rank) umumnya mengkilap.

4. Pecahan.

Pecahan memperlihatkan bentuk dari potongan batubara dalam sifat memecahnya. Antrasite atau high bituminous pecahannya konkoidal, sedangkan bituminous dan lignite pecahannya brittle atau tidak teratur. Batubara dengan kandungan zat terbang (volatile matter) rendah maka pecahannya akan meniang, sedangkan batubara dengan kandungan zat terbang tinggi, maka pecahannya persegi atau kubus. Secara fisik pecahan batubara dapat menunjukkan peringkat batubara dari peringkat rendah sampai tinggi yaitu mulai: pecahan uneven

(rank rendah), blocky, konkoidal, brittle (rank tinggi)

5. Kekerasan

Kekerasan berhubungan dengan struktur batubara yaitu komposisi dan jenisnya. Batubara kusam dan berkualitas rendah umumnya keras, sedangkan batubara cerah dan berkualitas baik umumnya tidak keras atau mudah pecah. Cara mengetahui kekerasan batubara disarankan dengan memukul batubara dengan palu geologi (nilai kekerasan adalah relatif yaitu: keras atau rapuh)

6. Pengotor atau parting

Berupa lapisan tipis (bisa berupa batupasir, batulanau, batulempung) di dalam lapisan batubara, tebalnya bervariasi mulai dari beberapa millimeter sampai beberapa centimeter.

7. Cleat

Merupakan rekahan di dalam lapisan batubara khususnya batubara bituminous yang

umumnya berupa rekahan paralel dan tegak lurus terhadap lapisan batubara. Di dalam cleat sering terisi material klastik seperti batulempung atau batupasir. Hal ini akan menyebabkan meningkatnya kandungan mineral matter, volatile matter, dan abu, sehingga nilai kalorinya menjadi rendah. Semakin banyak cleat maka batubara tersebut akan semakin rendah kalorinya.

6. Petrologi Batubara

Secara mikroskopis bahan-bahan organik pembentuk batubara disebut maseral (maceral), analog dengan mineral dalam batuan. Istilah ini pada awalnya diperkenalkan oleh Stopes, 1935 (dalam buku Stach, dkk. (1982) untuk menunjukkan material terkecil penyusun batubara yang hanya dapat diamati di bawah mikroskop sinar pantul.

Maseral dalam batubara dapat dikelompokkan dalam 3 grup (kelompok) utama yaitu grup (kelompok) vitrinit, liptinit dan inertinit. Pengelompokan ini didasarkan pada bentuk morfologi, ukuran, relief, struktur dalam, komposisi kimia, warna pantulan, intensitas refleksi dan tingkat pematuannya (dalam “Coal Petrology”, oleh Stach, dkk. 1982).

Dalam penelitian ini pembagiannya mulai dari grup (kelompok) maseral, subgrup maseral dan jenis maseral yang mengacu pada Australian Standard: AS2856 (1986) (Tabel 4). Kelebihan sistem Australian Standart ini adalah pembagian komposisi maseralnya berlaku untuk semua peringkat batubara,

baik untuk batubara hard coal maupun brown coal, dan sistem ini cukup sederhana. Sedangkan sistem standart yang lain biasanya dibedakan antara hard coal dan brown coal.

Grup vitrinit berasal dari tumbuh-tumbuhan yang mengandung serat kayu (woody tissue) seperti batang, akar, dahan dan serat daun. Vitrinite umumnya merupakan bahan penyusun utama batubara (>50%). Melalui pengamatan mikroskop refraksi, grup vitrinit memperlihatkan warna coklat kemerahan sampai gelap, tergantung dari tingkat ubahan batubara, semakin tinggi peringkat batubara semakin gelap warna maseralnya, demikian pula sebaliknya. Melalui pengamatan mikroskop refleksi, grup vitrinit memperlihatkan warna pantul lebih terang, mulai dari abu-abu tua sampai abu-abu terang tergantung dari peringkat batubara, semakin tinggi peringkat batubara semakin terang warna pantul yang dihasilkan.

Berdasarkan morfologinya grup vitrinit dibagi menjadi 3 sub grup maseral (Tabel 4)

Grup liptinit berasal dari organ tumbuhan (ganggang/algae, spora, kotak spora, kulit luar (kutikula), getah tanaman (resin) dan serbuk sari /pollen). Grup liptinit memiliki kandungan hidrogen paling banyak dan kandungan karbon paling sedikit bila dibandingkan dengan grup maseral lainnya. Di bawah mikroskop refleksi menunjukkan pantulan berwarna abu-abu sampai gelap, mempunyai reflektivitas rendah dan fluoresens tinggi (Teichmueller, 1989).

Berdasarkan morfologi dan sumber asalnya, grup liptinit dapat dibedakan seperti : sporinit, cutinit, suberinit, resinit, liptodetrinit, eksudatinit, flourinit, alginit, dan bituminit (Tabel 4).

Grup inertinit diperkirakan berasal dari tumbuhan yang sudah terbakar (charcoal) dan sebagian lagi diperkirakan akibat proses oksidasi dari maseral lainnya atau proses decarboxylation yang disebabkan oleh jamur atau bakteri (proses biokimia). Dengan adanya proses tersebut kelompok inertinit memiliki kandungan oksigen relatif tinggi, kandungan hidrogen

rendah, dan ratio O/C lebih tinggi dari pada grup vitrinit dan liptinit.

Grup inertinit memiliki nilai reflektensi tertinggi diantara grup maseral lainnya. Dibawah miskroskop refleksi, inertinit memperlihatkan warna abu-abu hingga abu-abu kehijauan, tetapi pada sinar ultra violet tidak menunjukkan flouresens.

Berdasarkan struktur dalam, tingkat pengawetan dan intensitas pembakaran, grup inertinit dibedakan menjadi beberapa maseral, yaitu fusinit, semifusinit, sclerotinit, micrinit, inertodetrinit dan macrinit (Tabel 4).

Table 4. Klasifikasi Maseral Batubara (AS 2856, 1986)

GROUP MASERAL	SUBGROUP MASERAL	MASERAL
	Telovitrinit	Textinit
		Texto-ulminit
		Eu-ulminit
		Telocollinit
Vitrinit	Detrovitrinit	Attrinit
		Densinit
		Desmocollinit
	Gelovitrinit	Corpogelinit
		Porigelinit
		Eugelinit
		Sporinit
		Cutinit
		Resinit
Liptinit		Liptodetrinit
		Alginit
		Suberinit
		Flourinit
		Exsudatinit
		Bituminit
		Fusinit
	Telo-inertinit	Semifusinit
		Sclerotinit
Inertinit	Detro-inertinit	Inertodetrinit
		Micrinit
	Gelo-inertinit	Macrinit

Cook (1982), menjelaskan bahwa jenis batubara (*coal type*) berhubungan dengan jenis tumbuhan pembentuk batubara dimana dalam pertumbuhannya dipengaruhi oleh diagenesa tingkat awal. Parks dan Donnel (dalam Cook, 1982), menjelaskan bahwa batasan jenis batubara (*coal type*) dipergunakan untuk mengklasifikasi berbagai jenis pembentuk batubara, sedangkan menurut Shierly (dalam Cook, 1982) menjelaskan bahwa jenis batubara (*coal type*) merupakan dasar klasifikasi petrografi batubara yang terdiri dari berbagai macam unsur tumbuhan sebagai penyusun batubara dengan kejadian yang berbeda-beda. Petrologi batubara memberikan dasar untuk pemahaman genesa , sifat-sifat dan arti penting unsur organik di dalam batubara. Material organik berasal dari berbagai macam tumbuhan dan sebagian bercampur dengan sedimen anorganik selama tahap pembentukan gambut, oleh karena itu jenis batubara (*coal type*) ditentukan pada tahap biokimia yang dapat dipergunakan untuk mengetahui lingkungan pengendapan batubara, terutama berdasarkan material organiknya. Penentuan jenis batubara (*coal type*) dapat secara mikroskopis dan makroskopis yang

didasarkan pada konsep maseral, microlitotype dan litotype.

Pada tahap pembentukan batubara merupakan tahap pembentukan dari gambut menjadi batubara yang lebih tinggi derajatnya (*coal rank*) yaitu mulai dari lignit, subbituminous, bituminous dan antrasit, yang merupakan akibat dari kenaikan temperatur yang berlangsung pada waktu dan tekanan tertentu (Cook, 1982). Tahap pematubaraan merupakan perubahan dari rombakan sisa-sisa tumbuhan dari kondisi reduksi, dimana prosentase karbon semakin besar, sedangkan prosentase oksigen dan hidrogen semakin berkurang.

Cook (1982), menjelaskan bahwa tahap pematubaraan terdiri dari derajat dan pematangan bahan organik pada fase metamorfosa tingkat rendah. Material organik lebih peka terhadap metamorfosa tingkat rendah dari pada mineral anorganik.

6.1 Metoda Analisis Petrografi Batubara

Bila kita perhatikan permukaan batubara dengan lebih seksama, akan terdapat bagian-bagian yang

mengkilap dengan struktur berbentuk garis-garis (belang) yang berlapis-lapis. Struktur batubara yang tampak dengan mata telanjang semacam ini, dibagi menjadi 2 dengan sebutan batubara kilap (*bright coal*) dan batubara kusam (*dull coal*). Struktur yang dengan mata telanjang tampak merata dan sama sekalipun, bila dilihat dengan mikroskop akan terlihat tersusun dari struktur yang lebih halus lagi.

Komponen struktur yang halus tersebut, dinamakan maseral (*maceral*). Maseral dibagi menjadi 11 jenis, dimana akhirnya menyandang nama [nit] (*nite*). Maseral yang di bawah mikroskop menunjukkan karakteristik yang sama, digolongkan lagi menjadi 3 kelompok maseral (*maceral group*).

Metode analisis maseral:

- a. Sampel: 850-74 μm , kira-kira 10g
- b. Pembuatan Briket: Sampel yang telah digerus diambil sebanyak 2g dan dicampur dengan resin poliester. Kemudian dengan mesin pembuat briket, dibuat briket yang memiliki luas permukaan poles/gosok (*polishing area*) 400mm²

atau lebih. Permukaan sampel kemudian digosok/diampelas, lalu dilihat di bawah mikroskop.

- c. Pengukuran: Sampel yang telah digosok lalu dinaikkan ke atas dudukan obyek (*sample holder*) yang bisa digeser ke 4 penjuru, kemudian dipasang di bawah mikroskop. Dudukan tersebut lalu dihubungkan ke alat pencacah (*point count*). Sambil menekan tombol counter, dudukan sampel digeser untuk melihat maseral di dalam partikel batubara. Point counter berfungsi untuk mencacah jumlah maseral tanpa harus melepaskan pengamatan dari mikroskop. Pengukuran/pencacahan dilakukan terhadap keseluruhan permukaan sampel, dengan persyaratan dan kondisi sebagai berikut.

- d. Persyaratan dan Kondisi Pencacahan:

Mikroskop: dilengkapi alat penerangan pemantul cahaya (*illuminator*)

Pembesaran: 200 kali atau lebih

oil immersion (gliserin)

Jarak pergeseran sampel (arah horisontal):

0,3~0.5mm (arah tegak lurus): 0,5~1mm

Titik pengukuran: 500 titik lebih

e. Komponen Analisis:

Vitrinite: Telinite, Collinite, dan lain-lain

Exinite: Sporinite, Cutinite, dan lain-lain

Inertinite: Micrinite, Fusinite, dan lain-lain

Mineral matter (mm) dicari dengan persamaan berikut:

$$\text{mm} = 100\{(1,08A+0,55S)/2,8\} / [\{100 - (1,08A+0,55S)\}/1,35 + (1,08A+0,55S)/2,8]$$

f. Perhitungan: Persentase kandungan masing-masing maseral dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kandungan (vol\%)} = [(\text{cacah tiap maseral}) / (\text{jumlah cacah semua maseral})] \times 100$$

6.2 Pantulan Vitrinite (Reflektan Vitrinite/R_v)

6.2.1 Pengukuran Rasio Pantulan

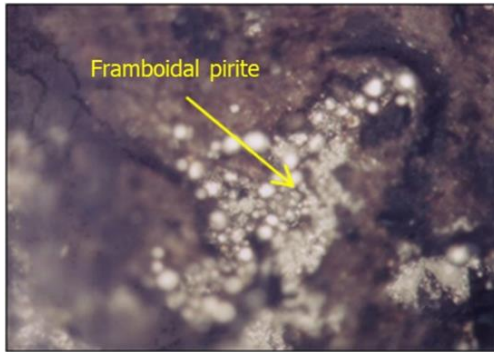
Dengan mikroskop yang sama seperti yang digunakan pada analisis struktur (analisis petrografi), dipasang alat pengukur pantulan tipe tabung fotoelektrik, dan cahaya dilewatkan filter polarisasi terlebih dahulu sebelum menerangi sampel.

Pantulan cahaya dari permukaan filter, setelah melewati filter akan berupa cahaya monokrom (umumnya dengan panjang gelombang $\lambda = 546 \pm 5 \text{nm}$). Setelah diarahkan ke tabung fotoelektrik, tegangan listrik yang terjadi lalu dibaca dari alat pencatat. Yang perlu diingat adalah bahwa diameter bidang pengamatan saat melakukan pengukuran diatur mewakili jarak $20 \mu\text{m}$. Pengukuran biasanya dilakukan dalam kondisi tercelup minyak (*oil immersion*). Rasio pantulan (*reflectance*) ditentukan dengan membandingkannya terhadap material standard (kaca standard).

Kaca standard diletakkan di bawah mikroskop, lalu fokusnya diatur. Setelah listrik untuk masing-masing peralatan dinyalakan, tunggu sampai jarum pada alat pencatat menjadi stabil. Setelah stabil, catat nilai saat itu (V_{S1}).

Setelah itu, ganti kaca standard dengan sampel batubara. Dengan metode pencacahan, catat intensitas cahaya pantulan (V_A) dari masing-masing vitrinite di permukaan gosok briket. Dengan cara ini, setelah melakukan pengukuran terhadap kira-kira 25 titik, sampel batubara diganti lagi dengan kaca standard. Catat nilai V_{S2} saat itu. Tingkat pantulan dihitung dari persamaan berikut.

R_0 (%) = rasio pantulan kaca standard (R_S) % (V_A rata-rata)/(V_{S1-S2} rata-rata)



Gambar 9. Framboidal pirit (Posisi sinar reflektan, perbesaran 200x)

0 _____ 100 mikron



Gambar 10. Framboidal pirit, maseral vitrinite dan maseral sclerotinite (Posisi sinar reflektan, perbesaran 200x)

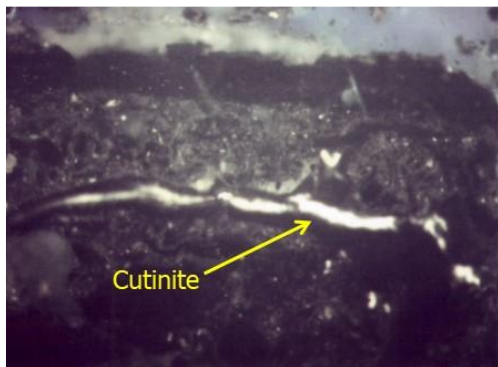


0 _____ 100 mikron

Gambar 11. Maseral resinite (Posisi sinar flouresence, perbesaran 200x)



Gambar 12. Maseral telovitrinite dan detrovitrinite (Posisi sinar reflektance, perbesaran 200x)



Gambar 13. Maseral cutinite (Posisi sinar flourence, perbesaran 200x)

0 _____ 100 mikron



Gambar 14. Maseral telovitrinite dan detrovitrinite (Posisi sinar reflektance, perbesaran 200x)

7. *Lithotype* Batubara

Menurut Bustin dkk., (1983) dijelaskan bahwa *lithotype* dibedakan berdasarkan pengamatan secara makroskopi material batubara yang berukuran *hand specimen*. Variasi secara vertikal dan lateral dalam seam batubara dengan karakteristik *banded* (berlapis), merupakan salah satu ciri komposisi *lithotype*. Adanya perubahan refleksi dalam komunitas tumbuhan menimbulkan perubahan *layer* dalam gambut dan hal itu sama dengan perubahan refleksi dalam kondisi kimia dan fisika yang akan mempengaruhi proses pengawetan material tumbuhan dalam rawa serta pengaruh masuknya *mineral matter* ke dalam rawa gambut.

Menurut ICCP (1963) dalam Bustin dkk. (1983) *lithotype* secara makroskopi dapat dikenal melalui *band-band* pada batubara tipe humik (*humic coal*), dan dapat digambarkan dalam 4 litotipe: vitrain, clarain, durain dan fusain. Sedangkan menurut Stach (1982), dengan definisi yang sama menyebut litotipe sebagai sifat makroskopi yang dapat dikenal melalui *band-band* pada seam batubara, termasuk 2 *litotipe*

untuk batubara tipe sapropelik (*sapropelic coal*) yaitu *cannel coal* dan *boghead coal*. Menurut Stach dkk., (1982) umumnya gambaran makroskopi yang mencolok *sapropelic coal* adalah kilap kusam (*dull lustre*), tekstur homogen, tidak berlapis, dan kekuatannya tinggi (*high strength*). Pecahan konkoidal khususnya untuk *cannel coal*. *Cannel coal* dan *boghead coal* sulit untuk dibedakan secara makroskopi, *boghead coal* sedikit banyak lebih coklat dibanding *cannel coal* serta mempunyai gores coklat. Ke 4 (empat) *lithotype* tersebut di atas dalam ICCP *handbook* dalam Bustin dkk. (1983), mengutamakan tentang adanya 4 (empat) kenampakan bahan tumbuhan asal dalam batubara bituminus (Bustin dkk., 1983), dimana ketebalan minimum *band* atau *layer* batubara adalah 10 mm.

Diessel (1965) dalam Bustin dkk. (1983), memberikan alternatif lain untuk deskripsi makroskopi batubara yaitu berdasarkan komponen terang (*bright*) dan kusam (*dull*) dan litotipe didefinisikan berdasarkan proporsi tumbuhan asal dalam layer batubara. *Bright* dan *dull* dapat digunakan dengan bebas sebagai ganti

pendapat sebelumnya dan ketebalan minimum band atau layer batubara adalah 5mm. Berikut tabel korelasi *lihtotype* menurut Stopes (1919) dengan penggunaan batubara di Australia (Modifikasi Diessel, 1965);

Table 5. Korelasi *lithotype* menurut Stopes, 1919 dengan penggunaan batubara di Australia (dalam Bustin dkk., 1983)

Stopes, 1919	Australian Coals	Deskripsi
Vitrain	<i>Bright coal</i>	Kilap kaca - seperti kaca, pecahan konkoidal (< 10 % <i>dull</i>)
	<i>Banded bright coal</i>	<i>Bright coal</i> , sebagian <i>bands</i> tipis dan <i>dull</i> (40-60% <i>dull</i>)
Clarain	<i>Banded coal</i>	<i>Bright coal</i> dan <i>dull coal</i> dengan proporsi sama (40-60% <i>dull</i>)
	<i>Banded dull coal</i>	<i>Dull coal</i> , sebagian <i>bands bright</i> , tipis (10-40% <i>bright</i>)
Durain	<i>Dull coal</i>	<i>Matt lustre</i> , pecahan tidak sempurna (<i>uneven</i>); (<10% <i>bright</i>)
Fusain	<i>Fibrous coal</i>	<i>Satin lustre, friable</i>

8. Pustaka.

- Mc Lane, M., 1995. Sedimentology. New York
Oxford University Press
- Bustin, R.M., Cameron, A.R., Grieve, D.A.,
Kalkreuth, W., 1983. Coal Petrology Its
Principles, Methods, and Applications,
Geological Association of Canada. *Short
Course Notes, vol.3.* 248p.
- Stach, E., Mackowsky, M., Th., Teichmuller, M.,
Tailor, G.H., Chandra, D. & Techmuller,R.,
1982. Stach's Textbook of Coal Petrology 3th
edition. Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart.
- Teichmueller, M., Teichmueller, R., 1979. Diagenesis
of coal (coalification). In Larsen, G.,
Chilingar, G.V. (Eds), Diagenesis in
Sediment and Sedimentary Rocks, Elsevier,
Amsterdam, pp. 207-246.
- Teichmueller, M., 1989. The genesis of coal from the
viewpoint of coal petrology. *Int. J. Coal Geol.*
12, 1-87.
- Taylor, G.H., Teichmuller, M., Davis, A., Diessel,
C.F.K., Littke, R. & Robert, P., 1998.

Organic Petrology, Gebruder Borntraeger .
Berlin . Stuttgart. p.704

Thomas, L. , 2005. *Coal Geology*: John Wiley & Sons
Ltd. The Atrium. Southern Gate. Chichester,
West Sussex PO19 8SQ, England,p.27-45;
p.101-120.

Tentang Penulis

Penulis dilahirkan di Padang, 7 Mei 1966

Riwayat pendidikan :

Sarjana S1, (Insinyur), Jurusan Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Sarjana S2 (Magister Teknik), di Institut Teknologi Bandung (ITB) dan Sarjana S3 (Doktor), di Institut Teknologi Bandung (ITB).



Riwayat pekerjaan penulis :

- Tahun 1988 s/d 1991 Asisten Dosen Kristalografi-Mineralogi
- Tahun 1993 s/d 1994 Geologist PT. Marunda Graha Mineral, Bidang Eksplorasi Batubara di Kecamatan Laung Tuhup, Kab. Barito Utara, Kalimantan Tengah.
- Tahun 1994 s/d sekarang, Dosen Tetap di Jurusan Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, pengajar mata kuliah : Geologi Batubara, Eksplorasi Batubara dan Gas Metana Batubara (*Coalbed Methane*)
- Tahun 2004 penulis mengikuti pendidikan dan pelatihan Eksplorasi dan Survey Tambang Batubara Bawah Tanah, di Nagasaki *Coal Mining Technology*, Mitsui Matsushima Resources (MMR), NEDO - Jepang selama 6 (enam) bulan.
- Sejak tahun 1999 s/d sekarang, penulis melakukan penelitian Geologi Batubara, Eksplorasi Batubara serta penelitian *Coalbed Methane* (CBM) dan shale hidrokarbon di Kalimantan dan Sumatra.

Anggota Persatuan Insinyur Indonesia (PII) no. anggota: 1205.05.028603. Anggota Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI) no anggota: 5689.

Sugeng Raharjo dilahirkan di Bantul , 8 Desember 1958, Yogyakarta. Seluruh pendidikan dari SD, SMP, dan STM Pembangunan diselesaikan di Yogyakarta. Penulis menyelesaikan pendidikan tingginya di Jurusan Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta pada tahun 1988.



Pendidikan Magister di bidang Rekayasa Pertambangan dengan bidang kajian eksplorasi di Institut Teknologi Bandung di selesaikan pada tahun 1999. Pada tahun 2010 – 2016 menjabat Ketua Program Studi S1 di Prodi Teknik Geologi UPN “Veteran”, pada saat ini penulis menjabat Ketua Laboratorium Geokomputasi di Teknik Geologi UPN’ Veteran”.

Pernah sebagai anggota kajian studi bersama dengan perusahaan baik swasta maupun BUMN dalam bidang *Coal Bed Methana* . Pada tahun 1988 pernah bekerja di perusahaan tambang di Kalimantan timur. Saat ini penulis sedang melanjutkan Studi Doktorat (S3) Teknik Geologi UPN “Veteran”.



Nama : Eko Widi Pramudiodhadi.
Tempat, tanggal lahir : Yogyakarta, 9 Maret 1960.
Alamat : Glagah Wangi UH IV/151 RT 02
Rw 01 Yogyakarta.
Pendidikan :

- S1, Petroleum Engineering, UPN “Veteran”
Yogyakarta, Lulus 1993
- S2, Petroleum Engineering, ITB Lulus 1999

Mata Kuliah yang di ampu.
Teknik Gas Bumi, Field Management, Teknik Reservoir
Panas Bumi, Teknik produksi Panasbumi, Kimia Fisika
Hidrokarbon dan eksplorasi Migas – Pabum, Keekonomian
Lapangan Migas (anggaran dan pengambilan keputusan) -
Program Pasca Sarjana Pertambangan dan Geologi,
Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta.



Ir. Ediyanto, ST.

Pendidikan:

- Sma Bopkri Satu Yogyakarta
- Strata 1 teknik geologi upn “veteran” Yogyakarta
- Strata 2 teknik geologi institut teknologi bandung

Pekerjajaan:

- Sebagai “geologist” pada PT. Bukit Baiduri Enterprise Kalimantan Timur.
- Dosen jurusan teknik geologi dari tahun 1992-sekarang.
- Bekerjasama dengan pihak swasta melakukan eksplorasi awal, eksplorasi detil konsesi batubara di daerah Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah.

Pengalaman penelitian

- kerjasama dengan PT. Berau Coal Mining kutai timur, membahas masalah pengembangan area baru dengan segala permasalahannya.
- kerjasama dengan PT. Trubaindo Coal Mining, membahas masalah air asam tambang

ISBN 978-602-5534-18-8



Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
Yogyakarta
2018