



TEKNOLOGI

PEMBANGKIT I

Qoriatul Fitriyah, ST., M.Sc.
Muhammad Prihadi Eko Wahyudi, ST., MT.

Teknologi Pembangkit I

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Teknologi Pembangkit I

Qoriatul Fitriyah ST., M.Sc.
Muhammad Prihadi Eko Wahyudi, ST., MT.

Penerbit



CV. MEDIA SAINS INDONESIA
Melong Asih Regency B40 - Cijerah Kota
Bandung - Jawa Barat
www.penerbit.medsan.co.id

TEKNOLOGI PEMBANGKIT I

Qoriatul Fitriyah ST., M.Sc.
Muhammad Prihadi Eko Wahyudi, ST., MT.

Desain Cover :

Rintho Rante Rerung

Tata Letak : **Rizki**

Rino Pratama

Proofreader : **Rintho**

Rante Rerung

Ukuran : **B5: 18,2**

x 25,7 cm

Halaman : **vii,**

90

ISBN :

978-623-6068-16-8

Terbit Pada :

Januari, 2021

Hak Cipta 2021, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab penerbit

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit atau Penulis.

PENERBIT MEDIA SAINS INDONESIA

(CV. MEDIA SAINS INDONESIA)

Melong Asih Regency B40 - Cijerah Kota

Bandung - Jawa Barat

www.penerbit.medsan.co.id

Ketika batubara memiliki *calorific value* senilai 30 MJ/kg, berarti total energi yang terkandung dalam 1 kilogram batubara akan setara dengan 30 MJ.

Tabel 11. *Nilai Kalor dan Analisis Prediksi Bahan Bakar Padat*

fuel type	calorific value Hu [MJ/kg]	volatile matter (i. waf) [%]	H₂O-content (i. raw) [%]	C-content (i. waf) [%]
1.natural fuels				
1.1 hard coal				
anthracite	28,9 - 33,0	7 - 10	2 - 10	~90
lean coal	29,1 - 33,4	10 - 14	2 - 10	90,4 - 91,2
forge coal	29,0 - 32,9	14 - 20	2 - 10	90,0 - 90,9
fat coal	27,5 - 33,8	18 - 30	2 - 10	86,3 - 90,3
gas coal	26,8 - 32,5	28 - 35	2 - 10	82,8 - 87,2
gas-flame coal	25,9 - 30,5	33 - 40	2 - 10	80,8 - 85,9
open burning coal	22,9 - 28,9	>40	5 - 10	72,0 - 82,0
1.2 lignite				
shiny lignite	21,8 - 23,3	43 - 49	8 - 25	71 - 77
dim lignite	18,0	49 - 56	25 - 35	60 - 71
soft lignite	7,0 - 11,7	56 - 63	35 - 75	60 - 71

1.3 peat, wood				
black peat	12,9 - 15,2	>63	25 - 55	<60
peat	12,9 - 15,2	>63	25 - 55	<60
white peat	11,3 - 13,0	>63	25 - 55	<60
fresh wood	8,4	>70	40 - 60	~50
wood, airdried	15,3	>70	12 - 15	~50
2. artificial fuels				

fuel type	calorific value Hu [MJ/kg]	volatile matter (i. waf) [%]	H₂O-content (i. raw) [%]	C-content (i. waf) [%]
2.1 hard coal				
high temperatur coke	27,1 - 28,9	~1	5 - 12	97,5
gas coke	28,0	~1	4 - 9	
semi-coke	26,0 - 30,0		6 - 16	
briquet	31,0 - 32,2	11 - 14	1 - 3	
low temperatur briquet		10 - 22		
2.2 lignite				
high temperatur coke	28,9 - 30,1		0,7 - 0,9	99
low temp. coke wet	18,5 - 26,0	12 - 19	15 - 30	85 - 89

low temp. coke air dry	23,1	12 - 19	6 - 12	85 - 89
briquet	18,9 - 21,0	55 - 61	14 - 18	68 - 74
low temp. coke briquet	20,0 - 21,6		15 - 30	95,6
2.3 peat, wood				
peat coke	29,4	8,5	3 - 8	~91
peat briquet	16,6 - 19,3		10 - 20	
charcoal	28,0 - 30,1	11 - 13	2 - 20	82 - 93
3. waste fuels				
3.1 coal (come from hard coal processing)				
finished	15,0 - 22,3	-	8 - 12	25 - 40
fuel type	calorific value Hu [MJ/kg]	volatile matter (i. waf) [%]	H₂O- content (i. raw) [%]	C-content (i. waf) [%]
middlings				
middlings	15,0 - 22,3	-	8 - 12	25 - 40
flotation tailings	12,5 - 19,0	-	25 - 35	10 - 30
classifier dust	-	-	3 - 4	< 30 ashes
coke chippings	21,8 - 25,1	3	12 - 20	< 15 ashes
refuse coal	31,0 - 32,2	10 - 22	1 - 3	
3.2 peat, wood				
peat dust	11,3 - 13,0	63	25 - 55	60
wood waste	15,0	70	12 - 15	50

bark	16,4 - 17,9	-	16 - 21	-
3.3 other fuels				
bagasse	7,7	70	40 - 60	44 - 48
plant waste	6,1 - 16,3	80	6 - 30	45 - 48
domestic waste	2,5 - 11,0	-	5 - 50	50 - 85

1. Kenapa ada pembangkit listrik yang berada dekat dengan sungai?

Jawab:

1. Kita membutuhkan air dari sungai sebagai sumber pendinginan pada *water cooling system* kita
2. Untuk media transportasi batubara apabila pembangkit listriknya menggunakan bahan bakar batubara (PLTU), karena biaya transportasi menggunakan jalur air akan lebih hemat sehingga *cost* pembangkitan bisa ditekan.



Gambar 24. Kapal Pengangkutan Batu Bara (Wahyudi, 3 January 2019)

2. Di beberapa negara, gambut dipergunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik, kenapa?

Jawab:

Karena sumber bahan bakar yang tersedia di negara tersebut hanyalah gambut. Sebagai contoh Finlandia. Negara ini tidak mempunyai cadangan batubara maupun gas alam dalam jumlah yang banyak. Selain itu harga gas alam juga mahal sehingga mereka memanfaatkan gambut yang melimpah disana sebagai sumber bahan bakar pembangkit listrik.



Gambar 25. Pembangkit Listrik Toppila, Finlandia ("The Toppila Power Station, a peat-fired facility in Oulu, Finland," 4 February 2006)

3. Apa saja karakter khusus dari *heavy fuel oil* yang Anda tahu? Dimanakah *heavy fuel oil* biasanya dipakai? Kenapa?

Jawab:

Karakter khusus *heavy fuel oil*:

1. Padat (*solid*) dalam temperatur ruang
2. Harganya murah karena sifatnya yang padat sehingga tidak semua orang mau memakainya.

Heavy fuel oil biasa dipakai pada pembangkit. Alasannya karena harganya murah, orang-orang tidak mau memakainya sementara *calorific valuenya* masih cukup tinggi sehingga bisa dibakar.

4. Apa saja yang perlu diperhatikan apabila kita menggunakan limbah kimia berbahaya sebagai sumber bahan bakar pembangkit kita? Jelaskan!

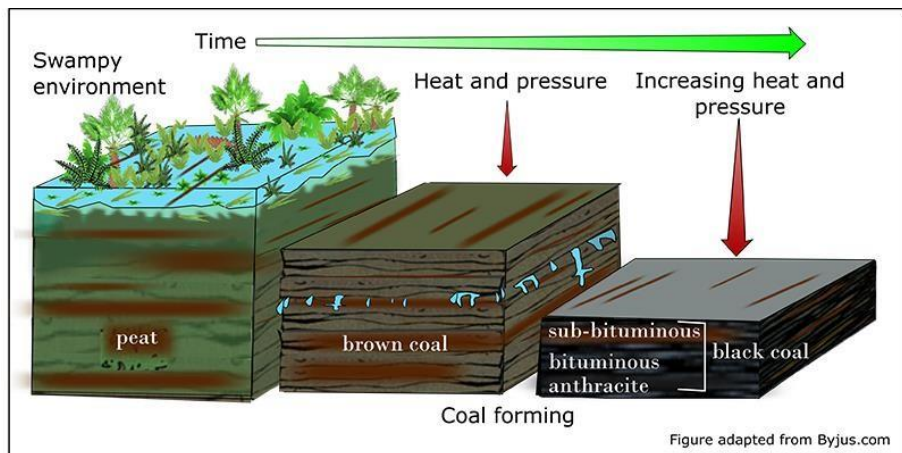
Jawab:

Apabila kita menggunakan limbah berbahaya, yang harus diperhatikan adalah filternya. Jangan sampai ketika kita membakar limbah kimia berbahaya, kemudian gas buangnya beracun. Pastikan filter bekerja dengan baik sebelum gas buang dibebaskan ke atmosfer.

5. Jelaskan mengenai proses pembentukan batubara, termasuk karakter spesifik yang harus ada dalam pembentukan tersebut!

Jawab:

Karakteristik khususnya yaitu ketiadaan oksigen, karena apabila ada oksigen, maka yang akan terjadi justru pembusukan material (bahan baku).



Gambar 26. Ilustrasi Pembentukan Batu Bara (Sweeney)

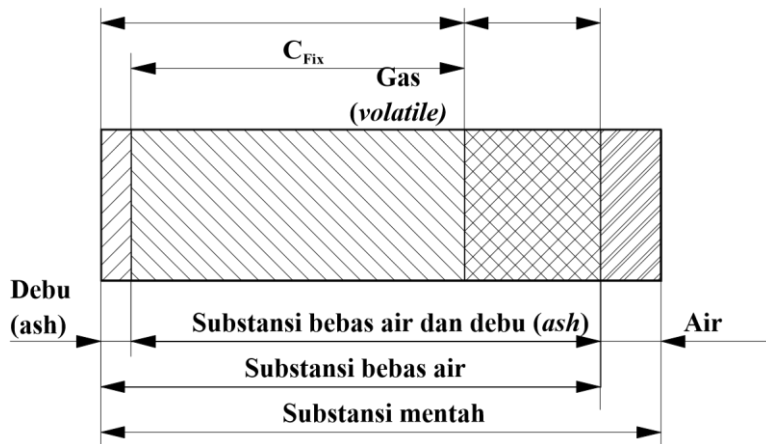
Proses pembentukan batu bara diawali dengan jatuhnya pepohonan dan tanaman yang mati ke tanah berlumpur. Satu kondisi penting yang harus ada untuk pembentukan batu bara adalah ketiadaan udara dan material tersebut harus tertutup dengan baik (*sealed*). Apabila ada udara, proses pembusukan mungkin terjadi. Apabila ia tertutup dengan sempurna (*sealed*) oleh air misalnya, maka kumpulan karbohidrat dan karbon berada di bawah air. Dengan tumpukan lapisan baru di atas sejalan dengan bertambahnya waktu, mereka akan menekan lapisan terus-menerus sehingga tekanannya pun naik. Air dan kadangkala gas, akan keluar dari lapisan tersebut. Temperatur juga akan meningkat. Hasilnya adalah lapisan padat sebagai lapisan mula batu bara. Proses ini akan berulang terus menerus selama jutaan tahun sehingga lumpur berubah menjadi gambut, gambut berubah menjadi lignit dan akhirnya *hard coal* pun terbentuk.

8. Apakah yang dimaksud dengan *volatile matter*? Jelaskan!

Jawab:

Volatile matter merupakan kandungan gas di dalam bahan bakar yang bisa terbakar.

Bahan *volatile* adalah gas yang terdorong keluar ketika bahan bakar dipanaskan. Kandungan *volatile* akan tersedia pada temperatur 35-400 °C. pada kondisi standar 800-850 °C, semua gas telah keluar dari bahan bakar.



Gambar 27. Pendekatan Langsung Bahan Bakar

9. Manakah yang lebih tinggi *volatile matter*-nya, lignit atau antrasit? Kenapa?

Jawab:

Lignit. Karena antrasit, sebagian besar terdiri atas karbon (>93%) sehingga jumlah gas di dalam antrasit akan jauh lebih sedikit.

Tabel 12. Perbedaan Jenis Batu Bara

Bahan Bakar	Massa Jenis	Nilai Kalor	Kandungan Air	Kandungan Materi Volatil	Kandungan Karbon
-------------	-------------	-------------	---------------	--------------------------	------------------

	g/cm ³	MJ/kg	%	% dari materi kering	% dari materi kering
kayu	0,2-1,3	14,7	kering	80	50
gambut	1	6,3-8,4	60-90	65	55-65
lignit lunak	1,2	7,5-12,6	30-60	50-60	65-70
Bahan Bakar	Massa Jenis	Nilai Kalor	Kandungan Air	Kandungan Materi Volatil	Kandungan Karbon
	g/cm ³	MJ/kg	%	% dari materi kering	% dari materi kering
lignit keras	1,25	16,8-29,3	10-30	45-50	70-80
hard coal	1,3	29,3-33,4	3-10	17-45	80-90
hard coal	1,35	33,5-35,6	3-10	7-17	90-93
antrasit	1,4-1,6	35,6-37,7	1-2	4-7	93-98

10. Apakah yang dimaksud dengan kandungan karbon pada suatu bahan bakar? Jelaskan secara rinci!

Jawab:

Karbon mengindikasikan berapa jumlah energi yang bisa kita pakai dari bahan bakar padat tersebut. Karbon akan sebanding dengan nilai energi pada bahan bakar padat. Misalnya antrasit memiliki kandungan karbon senilai 98% berarti antrasit akan memiliki energi yang lebih besar dibandingkan dengan lignit yang memiliki jumlah karbon 70%.

11. Apabila lignit yang memiliki kandungan air 50% digunakan sebagai pembangkit di Rusia, apa sajakah yang harus mereka pertimbangkan dengan kondisi ini?

Jawab:

Perlu diingat bahwa Rusia merupakan negara empat musim, dengan winter yang bisa sangat dingin. Apabila kita memiliki lignit dengan kandungan air 50% maka pada musim dingin akan ada kemungkinan lignit tersebut membeku, karena air akan berubah wujud menjadi padat (membeku) pada temperatur 0°C . Oleh karena itu kita harus menyiapkan *preheating*, pengeringan dan memastikan agar lignit tidak membeku. Proses pengeringan ini sebaiknya dilakukan di musim panas.



Gambar 28. Ilustrasi Lignit (Lefterov, 30 December 2007)

12. Kenapa bisa terbentuk *flame*/nyala api? Bisakah Anda jelaskan kondisi ini?

Jawab:



Gambar 29. Kokas sebagai Bahan Baku Peleburan Bijih Besi ("Proses Pengolahan Besi dan Baja," 10 January 2019)

Terbentuknya *flame* dikarenakan adanya *volatile matter*/gas di dalam bahan bakar tersebut. Jika tidak ada gas, tidak akan terjadi nyala api. Sebagai contoh pada arang yang kandungan *volatile matter*nya sedikit, maka ketika dia digunakan untuk membakar sate, hanya akan tampak sinar oranye kemerahan tanpa adanya kobaran api.

13. Apakah *coke* itu? Bisakah Anda menjelaskan proses pembentukan *coke*?

Jawab:



Gambar 30. Bongkahan Kokas (Stahlkoher, 10 December 2006)

Kokas (*coke*) adalah bahan bakar buatan hasil produksi pabrik yang bukan berasal dari alam. Batubara dipanaskan

hingga kandungan karbonnya mencapai 93% ke atas dengan menghilangkan kandungan air dan *volatile matter*nya.

14. Bagaimana gas alam bisa terbentuk? Jelaskan!

Jawab:

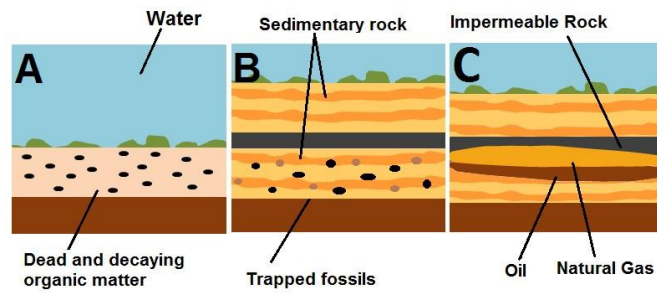
Sama seperti proses pembentukan batubara, syarat mutlak pembentukan gas alam yaitu dengan ketiadaan oksigen, karena apabila ada oksigen, maka yang akan terjadi justru pembusukan material (bahan baku).

Gas alam terbentuk bersama dengan minyak bumi, akan tetapi mayoritas akan hilang karena ketiadaan lapisan penutup gas di atasnya. Gas alam terbentuk dari sisa hewan dan binatang laut yang mati tertimbun lapisan tanah jutaan tahun yang lalu.

15. Bagaimana proses pembentukan minyak bumi? Jelaskan!

Jawab:

Proses pembentukan minyak bumi dan gas alam sama dengan batu bara, hanya saja proses ini tidak melibatkan tumbuhan yang mati, melainkan hewan mati. Sebelum zaman dinosaurus purba, hewan seperti kerang dan kepiting mati membentuk material organik yang dibutuhkan dalam proses pembentukan minyak bumi. Mereka terkumpul di dasar dan tertutup oleh air sehingga tidak mengalami pembusukan. Oleh karena itu, kita mendapatkan lapisan minyak bumi dan gas alam di dasar laut. Sejalan dengan waktu, akan lebih banyak lapisan yang terbentuk di atasnya. Tekanan pun akan terus meningkat. Air keluar dari lapisan organik ini. Setelah jutaan tahun, minyak mentah dan gas alam pun terbentuk.



Gambar 31. *Ilustrasi Pembentukan Minyak Bumi dan Gas (Edwin Cey, 4 January 2019)*