

Proses Karbonisasi Batubara

Oleh : Ir. A.S. Nasution MSc

1. Pendahuluan

Batu bara (coal) adalah suatu zat padat yang terdiri dari zat organik (carboneous material), air (moisture) dan mineral. (1, 2)

Jenis batu bara cukup banyak, di antaranya Peat, Lignite, coal dan anthracite. Klasifikasi batu bara ini disusun berdasarkan beberapa faktor di antaranya derajat metamorfose, nilai bakar, kadar karbon, kadar zat terbang, volatile matter.

Proses pengolahan batu bara dapat dibagi dalam 3 jenis, yaitu gasifikasi, liquifikasi dan karbonisasi untuk mendapatkan masing-masing produk gas, cair dan padat. Proses karbonisasi batu bara untuk pembuatan produk kokas yang digunakan pada industri baja, harus memakai jenis batu bara yang sesuai yaitu coking coals dan kondisi proses karbonisasi yang epat.

Batu bara untuk kokas (coking coals) harus mempunyai sifat kimia, karbonisasi dan petrografi yang baik. (1, 2). Untuk mendapatkan suatu produk kokas tertentu maka jenis batu bara yang diolah pada proses karbonisasi dapat mencapai sampai 6-8 macam. (1).

Pada halaman berikut akan diuraikan secara umum mengenai komposisi batu bara, mekanisme proses karbonisasi dan produk kokas yang diperoleh.

2. Proses karbonisasi batu bara

2.1 Komposisi batu bara

Batu bara (coal) adalah suatu zat padat yang dapat dibakar (combustible rock) yang terdiri dari sebagian besar zat organik (carboneous material) dan non organik (mineral) serta air (moisture).

Jenis batu bara adalah antaranya:

Peat, Peat coal, Lignite coal (Brown coal), Subbituminous coal (Black Lignite), Bituminous coal (Soft coal), Semi bituminous coal (Smokless coal), Semianthracite coal dan Anthracite coal (Hard coal, Stone coal).

Klasifikasi batu bara tersebut adalah di antaranya (tabel 1, 2, 3) (1)

- Classification of coals by Rank (tabel 1, grafik 1)
- International Classification of Hard Coals by Type.
- International classification of Brown coals (tabel 3).

Analisa batu bara (coal characterization tests) adalah diantaranya proximate analysis, ultimate analysis, other chemical and physical test dan test for metallurgical coal (tabel 4) (1)

Zat organik (carboneous material) adalah suatu zat padat yang terdiri dari 2 bagian besar, yaitu

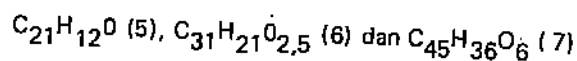
- inti-poliaromat
- rantai atau cabang

Jika batu bara dipanasi pada temperatur sekitar 550° C maka rantai zat organik akan pecah menjadi zat terbang (volatile matter) dan inti poliaromat akan berkondensasi menjadi inti poliaromat besar yang lebih besar lagi yang disebut fixed carbon.

Inti poliaromat dari zat organik batu bara akan bertambah besar dengan naiknya derajat metamorfose dari batu bara tersebut. (3)

Pada tabel 5 berikut ditunjukkan hubungan antara kadar atom karbon (C) batu bara dengan jumlah cincin aromatik dari inti poliaromat tersebut.

Beberapa Rumus empiris dan molekul inti poliaromat zat organik ini ditunjukkan pada grafik



Dan para ahli lainnya telah pula membuat model-model dari molekul inti poliaromat zat organik tersebut (grafik 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)

Rantai (cabang) dari zat organik batu bara ini mengandung berbagai jenis struktur berikut di antaranya

- OH, - NH, - CH (parafin), inti aromatik, -CH₂ -
- CH₃, - C - C - C dan - C - C -

Rantai zat organik dari batu bara ini akan berkurang dengan naiknya kadar karbon atau derajat metamorfose dari batu bara (tabel 5). (9). Dan sehubungan dengan itu pula maka persentase zat terbang yang merupakan sebagian hasil perengkahan dari rantai zat organik tersebut akan menurun pula dengan naiknya kadar karbon batu bara (tabel 7) (1)

Zat terbang yang dihasilkan pada pemanasan batu bara 550°C mengandung berbagai jenis atom, di antaranya atom karbon (C), hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N). (1)

Pada grafik (5) (2) ditunjukkan hubungan antara:

- perbandingan persentase berat antara total atom karbon (C) dan hidrogen (H) dengan oksigen (O) C+H/O.

dengan

- total atom karbon (C), Hidrogen (H) dan Oksigen (O) (C+H+O).

Yaitu $(C+H)/O = f (C+H+O)$ dari zat terbang yang dihasilkan oleh berbagai jenis batu bara. (2)

Hubungan antara komposisi elementer batu bara (C, H, S, N, O) dengan berat molekul zat organik relatif terhadap atom karbon (M_c) bagian atom karbon yang terdapat pada inti poliaromat (f_a) dan bagian atom karbon yang dijumpai di dalam rantai (f_e) dapat ditentukan dengan bantuan 3 persamaan berikut. (9)

• Berat molekul batu bara relatif pada karbon (M_c)

$$M_c = 12,01 + 1,008 \frac{H}{C} + 16,0 \frac{O}{C} + 14,00 \frac{N}{C} + 32,06 \frac{S}{C}$$

• Bagian atom karbon batu bara yang dikandung oleh inti poliaromat (f_a)

$$f_a = \left(1 - \frac{H}{C}\right) \left(1 - 2 \frac{R-1}{C}\right)$$

dimana: R = jumlah cincin aromatik dari inti poliaromat tersebut.

• Bagian atom karbon batu bara yang dijumpai pada rantai (f_e)

$$0,01 f_e = 1 - f_a \frac{12,4}{M_c}$$

Fuksu dan D. Van Krevelen telah menemukan rumus empiris zat organik batu bara, yaitu: $C_{132}H_{96}O_6N_5S$.

(6,13) yang modelnya ditunjukkan pada grafik 6. (9)

Zat non organik (mineral) batu bara dapat menurunkan mutu batu bara tersebut, di antaranya

- nilai bakar batu bara rendah
- abu (ash) yang terbentuk baik dari hasil pembakaran batu bara langsung maupun produk kokas dari batu bara tersebut akan menimbulkan beberapa masalah.

Disamping hasil analisa batu bara yaitu Proximate analysis, Ultimate analysis, Other chemical and Physical test, harus baik, di antaranya fixed karbon tinggi, kadar S dan ash rendah, maka data mengenai kemampuan batu bara untuk:

- menjadi lunak (softer)
- mengembang (expansion)
- menyusut (contraction),

pada proses karbonisasi adalah tidak kalah pentingnya dalam penentuan baik tidaknya suatu batu bara untuk dibuat kokas.

Sifat pengembangan (caking) dan penyusutan (coking) dari batu bara dapat ditentukan masing dengan test standar berikut: (1)

- Free Sweeting Index atau Roge Index
- Gray King test atau Audibert-Arnudilatomet.

Untuk mendapatkan data yang lebih sempurna mengenai potensi batu bara untuk dibuat kokas, maka kedua jenis

test berikut dapat dilakukan yaitu: (1)

- A Sole Heated oven determination
- Pilot Plant movable-wall coke oven test.

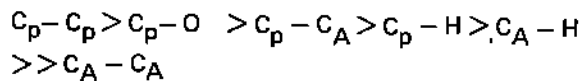
2.2 Mekanisma proses karbonisasi batu bara

Sebagaimana telah diutarakan dimuka dimana batu bara mengandung sebagian besar dari zat organik yang terdiri dari inti-inti poliaromat dengan rantai-rantai cabangnya. Proses karbonisasi batu bara adalah suatu proses transformasi kimia yang cukup kompleks dari zat organik batu bara tersebut, yang dapat dibagi dalam 2 tahap berikut:

- Perengkahan rantai dan pemecahan ikatan antara inti-inti poliaromat
- Penggabungan atau kondensasi dari inti-inti poliaromat tersebut.

Molekul zat organik batu bara, mempunyai berbagai jenis ikatan atom, yaitu di antaranya C-C, C-H dan C-O, yang energi ikatannya ditunjukkan pada tabel 7. (2).

Ikatan antar atom yang mempunyai energi ikatan rendah akan mudah pecah. Jadi urutan perengkahan adalah sbb:



Jadi perengkahan ikatan antar atom pada rantai dan ikatan antar inti-inti poliaromat dari zat organik batu bara ($C_p - C_p$, $C_p - O$, $C_p - C_A$) adalah relatif lebih mudah dibanding dengan perengkahan inti poliaromat ($C_A - C_A$).

Pemecahan ikatan antara atom karbon aromatik (C_A) dengan hidrogen (H) ($C_A - H$) dari inti poliaromat akan menghasilkan radikal inti aromatik, yang mempunyai potensi yang cukup tinggi untuk bergabung menjadi molekul poliaromat yang besar.

(fixed carbon, kokas).

Jika temperatur karbonisasi dinaikkan, maka pembentukan radikal poliaromat akan bertambah sehingga penggabungan radikal tersebut yang mengarah pada pembentukan produk kokas akan tinggi.

Atau dengan kata lain, semakin tinggi temperatur karbonisasi maka semakin tinggi pula derajat penggabungan inti poliaromat, sehingga perbandingan antara atom karbon (C) dengan atom hidrogen (H) dan juga berat jenis dari hasil reaksi penggabungan inti poliaromat tersebut akan naik pula.

Pada tabel 8 (10) ditunjukkan hubungan antara temperatur karbonisasi batu bara dengan perbandingan atom C/H dan berat jenis produk padat karbonisasi yang dihasilkan.

Pada proses karbonisasi batu bara, atom-atom dari batu bara tersebut akan terdistribusi pada hasil reaksi (yaitu produk gas, cair dan padat).

Sehubungan dengan naiknya derajat kondensasi inti poliaromat pada temperatur yang tinggi, maka distribusi atom karbon batu bara pada produk kokas ini akan naik sedang atom hidrogen batu bara banyak terdistribusi

pada produk gas dan cair.

Distribusi atom karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O) dari batu bara pada hasil reaksi karbonisasi batu bara dengan berbagai temperatur ditunjukkan pada tabel 9. (11)

Pada umumnya, mekanisme karbonisasi batu bara ini tidak banyak berbeda dengan mekanisme proses pembuatan kokas dari fraksi minyak berat. (12, 13)-

Temperatur mula-mula terjadinya perengkahan batu bara naik dengan derajat metamorfosa dari batu bara tersebut.

Naiknya temperatur perengkahan batu bara tersebut karena energi ikatan antar atom dari rantai zat organik batu bara bermetamorfosa tinggi adalah besar.

Pada tabel 10 (14) ditunjukkan temperatur perengkahan mula-mula dari berbagai jenis batu bara.

Mekanisme karbonisasi batu bara menjadi kokas melalui 3 tahap berikut: (grafik 7) (10)

Tahap 1

Pemanasan batu bara sekitar $380^{\circ} - 420^{\circ} \text{C}$ akan terbentuk suatu lapisan cair yang jernih dengan produk gas pada permukaan batu bara tersebut.

Jadi pada tahap 1 ini akan timbul 2 jenis fase yaitu:

- fase cair yang jernih dengan produk gas (lapisan elastis) (b)
- fase padat dari batu bara (a)

Tahap 2

Jika temperatur pemanasan batu bara tersebut pada tahap 1 dinaikkan lagi sampai $500^{\circ} - 550^{\circ} \text{C}$ maka fase cair yang elastis tersebut (b) mulai akan mengeras dan membentuk "half cokes" (c).

Pada tahap kedua ini terdapat 3 komponent yaitu:

- fase padat dari batu bara
- fase elastis
- fase padat dari hasil konversi lapisan elastis tersebut.

Tahap 3

Tahap ke 2 tersebut tidak stabil, maka tahap 3 ini adalah tahap penstabilan dari tahap ke-2 tersebut dimana produk 'half coke' tersebut dipecah oleh desakan dari fase elastis tersebut.

Tahap antara 1 dan 2 adalah mekanisme pengembangan batu bara, sedang peristiwa penyusutan batu bara diamati pada tahap antara 2 dan 3.

Kemampuan mengembang dan menyusut dari suatu batu bara pada proses karbonisasi disebut masing-masing sifat "Caking dan Coking" dari batu bara tersebut.

Tebal lapisan elastis pada proses karbonisasi batu bara akan naik dengan naiknya kadar zat terbang batu bara. Akan tetapi kadar zat terbang yang terlalu tinggi dari batu bara dapat menimbulkan proses pembentukan lapisan elastis yang terlalu cepat (tak sempurna) sehingga tebal lapisan elastis tersebut akan menurun.

Pada grafik 8 (2) ditunjukkan hubungan antara kadar zat terbang batu bara dengan tebal lapisan elastis yang

timbul pada proses karbonisasi batu bara.

Kecepatan pembentukan lapisan elastis pada proses karbonisasi batu bara dapat pula dipengaruhi oleh kecepatan pembentukan zat terbang batu bara tersebut. Sehubungan dengan energi reaksi pembentukan zat terbang batu bara tersebut (E) cukup tinggi dan juga nilai E ini naik dengan temperatur karbonisasi yaitu $E = 124 \text{ kkal}$ pada temperatur $1050^{\circ} - 1100^{\circ} \text{C}$ (2) maka kecepatan kenaikan temperatur pada proses karbonisasi batu bara tidak boleh terlalu cepat.

Pada tabel 11 (2) berikut ditunjukkan kecepatan standard kenaikan temperatur proses karbonisasi batu bara.

Dengan naiknya derajat metamorfosa batu bara, maka temperatur penyusutan akan naik sedang persentase penyusutan volume akan menurun (tabel 12) (15).

Persentase penyusutan batu bara tunggal atau campuran pada proses karbonisasi sebanding dengan kadar zat terbang dari batu bara tersebut. (15).

Hubungan kadar zat terbang dengan persentase penyusutan dari berbagai batu bara (tunggal) atau campuran ditunjukkan pada grafik (9,10,11). (5).

Grafik 12 (2) menunjukkan hubungan antara sifat caking dan sifat caking dari berbagai jenis batu bara.

Sifat caking dan coking batu bara dipakai untuk penentuan potensi batu bara untuk diolah menjadi kokas.

2.3 Produk kokas.

Sifat produk kokas yang diperoleh dari proses karbonisasi batu bara dipengaruhi oleh sifat batu bara yang diolah dan kondisi proses karbonisasi tersebut.

Hubungan antara derajat metamorfosa batu bara, temperatur dan tekanan pengisian umpan dari proses karbonisasi adalah sebanding dengan keretakan produk kokas, (grafik 13,14,15) (15).

Kekerasan dan derajat keausan produk kokas naik dengan temperatur proses karbonisasi (grafik 16,17).

Hubungan antara kadar zat terbang dengan derajat keausan produk kokas ditunjukkan pada grafik (18). (15).

Beberapa sifat produk kokas dapat diestimasi sebagai berikut.

Prosentase kokas.

Prosentase produk kokas (K) dari proses karbonisasi batu bara dapat diestimasi sbb:

dimana

$$K = \left(\frac{100 - V_B}{100 - V_K} \right) 100 + k$$

V_B dan V_K = prosentase volatile masing-masing di dalam batu bara dan kokas.

k = faktor koreksi, yaitu antara 0,5-0,7% berat yang dipengaruhi oleh jenis batu bara.

Kadar abu.

Kadar abu (ash) di dalam produk kokas dapat ditentukan sbb:

$$A_k = \frac{A_B}{K} \cdot 100$$

dimana

A_B dan K = adalah kadar abu di dalam batu bara dan prosentase kokas.

Nilai bakar kokas (Q) dapat pula ditentukan dengan bantuan persamaan berikut (14).

$$Q_{\text{gross}} = 81.C + 300.H - 26(O-S) \text{ kkal/kg}$$

atau

$$Q_{\text{netto}} = 81.C + 300.H - 26(O - S) - 6(9H + W) \text{ kkal/kg}$$

dimana:

Q_{gross} = nilai bakar tanpa kondensasi H_2O (hasil pembakaran).

Q_{netto} = nilai bakar dengan kondensasi H_2O (hasil pembakaran).

C,H,S dan O adalah masing-masing prosentase berat atom C,H,S dan O di dalam kokas.

Nilai bakar kokas adalah antara 7980-8000 kkal/kg dimana nilai bakar kokas tersebut 80% dari hasil bakar bahan bakar residu minyak.

Kadar sulfur.

Kokas mengandung $\pm 80-85\%$ berat dari kadar sulfur batu bara.

Pada tabel 13 ditunjukkan sifat produk kokas.

Dalam rangka pembuatan produk kokas dan juga produk samping dengan proses karbonisasi batu bara yang berkadar sulfur rendah, maka proses karbonisasi tersebut harus digabung dengan proses hidrogenasi.

Proses Carbonization/Hidrogenation untuk pembuatan kokas dan produk samping (gas + cair) berkadar sulfur rendah di tunjukkan pada skema 1. (6).

Umpan yang diolah baik pada proses karbonisasi (Coal Carbonization) dan maupun pada proses kalsinasi kokas (Coal preparation) di campur dengan produk cair dari proses karbonisasi dan hidrogenasi batu bara yang telah dimurnikan lebih dahulu pada unit liquid treatment.

Pada skema 2,3 (17) ditunjukkan masing-masing coal carbonization dan coal preparation.

3. Kesimpulan.

Batu bara yang baik untuk pembuatan kokas dengan proses karbonisasi harus mempunyai suatu komposisi

kimia dan sifat petrographic yang tepat dan batu bara ini disebut 'coking coal'.

Sifat pengembangan (coking properties) dan penyusutan (coking properties) dari batu bara dapat dipakai salah satu indikator dalam pemilihan batu bara yang sesuai untuk dikombinasi menjadi kokas.

Kondisi operasi proses karbonisasi batu bara merupakan salah satu faktor yang cukup penting dalam mendapatkan produk kokas yang baik.

Daftar Pustaka.

1. D.M. Considine. Energy Technology Handbook, Mc Graw-Hill Book Co, New York 1977.
2. S.G. Aronov. Izd Kharkovskovo Univ, 1960
3. J. Schuyer. Brem Chem, 37, 51/6, 74 (1956)
4. F. Muck. Grundzuge und ziete der Steinkoehler Chemie, Strauss Boo, 1881.
5. S.M. Grigorev. Oprosesah Obrazowania i swotstwah rarynchie iskopaemix, Izd-Vo, A.N. Ceep, 1954.
6. K.P. Medvedevi. Bull. Nauchno Tehnichaskoi Informac Y X N. Ha, 2,50, 1957.
7. G. Huck V. J. Karweit. Brenn - Chem. 34, 7/8, 97 (1953)
8. D. Van Krevelen. Brenn - Chem 35, 17/18, 35, 19/20, 289 (1954).
9. S.G. Aronov et all. Stal, 10, 871 (1953).
10. D. Fitzgerald, Fuel 35, 178 (1956).
Ya, O. Gubinski. Trud i Hina, 41, 3-4, (1956)
11. G.B. Hobson. Modern Petroleum Technology Applied Science Publisher Ltd, Ripple Road, Barking, Essex, England, 1973.
12. A.F. Krasukov. Neftyanvi Koks Grenoptehizdat, Moskow 1963.
13. P.G. Damidov, (Q) Gorenje i Iwoitstwa rorjutjik vesestv (in Rusia) Irdatjelstroof-Min Kom Hoz PSFSP, Moskow, 1962.
14. M.F. Strutnikov. Isledovame Prosesov gorenije naturalnov Topliva Fosenergoizdatm 1948.
15. E.M. Taiche et Trudi AN SSSR, II, 41 (1950), VI, 169 (145)
16. E.M. Taich. Gos Hauchno - Ize lit, Moskow 1961.
17. K.A. Schowalter. Chem. Eng. Prog. Technical Manual Coal Processing Technology, 2, 109 (1955).

Class	Group	Fixed carbon limits, % (dry mineral-matter-free basis)		Volatile matter limits, % (dry mineral-matter-free basis)		Calorific value limits, Btu/lb (moist mineral-matter-free basis)		Agglomerating character
		Equal or greater than	Less than	Greater than	Equal or less than	Equal or greater than	Less than	
I Anthracitic	1. Meta-anthracite	98	—	—	2	—	—	Nonagglomerating
	2. Anthracite	92	98	2	8	—	—	
	3. Semianthracite	86	92	8	14	—	—	
II Bituminous	1. Low volatile bituminous coal	78	86	14	22	—	—	Commonly agglomerating
	2. Medium volatile bituminous coal	69	78	22	31	—	—	
	3. High volatile A bituminous coal	—	69	31	—	14,000	14,000	
	4. High volatile B bituminous coal	—	—	—	—	13,000	13,000	
	5. High volatile C bituminous coal	—	—	—	—	10,500	11,500	
III Subbituminous	1. Subbituminous A coal	—	—	—	—	10,500	11,500	Nonagglomerating
	2. Subbituminous B coal	—	—	—	—	9,500	10,500	
	3. Subbituminous C coal	—	—	—	—	8,300	9,500	
IV Lignite	1. Lignite A	—	—	—	—	6,300	8,300	Nonagglomerating
	2. Lignite B	—	—	—	—	—	6,300	

*This classification does not include a few coals, principally non banded varieties, which have unusual physical and chemical properties and which come within the fixed carbon or calorific value of the high-volatile bituminous and subbituminous ranks. All these coals either contain less than 48% dry mineral-matter-free fixed carbon or have more than 15,500 moist mineral-matter-free Btu per pound.

Groups (determined by caking properties)			Code numbers										Subgroups (determined by coking properties)					
Group number	Alternative group parameters		The first of the code number indicates the class of the coal, determined by volatile-matter content up to 33% volatile and by calorific parameter above 33% volatile matter. The second figure indicates the group of coal, determined by caking properties. The third figure indicates the sub-group determined by coking properties.										Sub-group number	Alternative subgroup parameters				
	Free-swelling index (crucible-swelling number)	Roga Index	Audbert-Arnoldimeter	Gray-King														
3	>4	>45	435	535	635								5	>140	G ₂			
			334	434	534	634							4	>50-140	G ₃ -G ₈			
			333	433	533	633	733						3	>0-50	G ₁ -G ₄			
			332	432	532	632	732	832					2	±0	E-G			
2	2½-4	>20-45	323	423	523	623	723	823					3	±0-50	G ₁ -G ₄			
			322	422	522	622	722	822					2	±0	E-G			
			321	421	521	621	721	821					1	Contraction only	B-D			
1	1-2	>5-20	212	312	412	512	612	712	812					2	±0	E-G		
			211	311	411	511	611	711	811					1	Contraction only	B-D		
0	0-½	0-5	100	200	300	400	500	600	700	800	900					0	Nonsoftening	A
			A	B														
Class number			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	As an indication the following classes have an approximate volatile matter content: Class 6: 33 - 41% volatile matter Class 7: 33 - 44% volatile matter Class 8: 35 - 50% volatile matter Class 9: 42 - 50% volatile matter					
Class parameters	Volatile matter (dry, ash-free)		0-3	>3-10	>10-14	>14-20	>20-28	>28-33	>33	>33	>33	>33	>33					
	Calorific parameter		—	—	—	—	—	—	>13,950	>12,950	>10,980	>10,250	>10,980					

Classes Determined volatile matter up to 33% volatile matter and by parameter above 33% volatile matter

—SOURCE: U.S. Bureau of Mines
†Gross calorific value on moist ash-free basis (86°F/96% relative humidity Btu per pound)

- NOTES:
- Where the ash content of coal is too high to allow classification according to the present system it must be reduced by laboratory float-and-sink method (or any other appropriate means). The specific gravity selected for flotation should allow a maximum yield of coal with 5-10% of ash.
 - 332@ >14 - 16% volatile matter. 332@ >16 - 20% volatile matter.

International Classification of Hard Coals by Type (2)

Table 2.

International Classification of Brown Coals (2)

Tabel 3.

Group no.	Group parameter tar yield (dry, ash free), %	Code number					
40	25	1040	1140	1240	1340	1440	1540
30	20 - 25	1030	11301	1230	1330	1430	1530
20	15 - 20	1020	1120	1220	1320	1420	1520
10	10 - 15	1010	1110	1210	1310	1410	1510
00	10 and less	1000	1100	1200	1300	1400	1500
Class number		10	11	12	13	14	15
Class parameter, i.e., total moisture, ash free, %		and less	and to	and to	and to	and to	and to
		less	30	40	50	60	70

SOURCE: U.S. Bureau of Mines

NOTES:

* Gross calorific value below 10,260 Btu per pound. Moist ash-free basis (86°F/96% relative humidity).

The total moisture content refers to freshly mined coal. For internal purposes, coals with a gross calorific value over 10,260 Btu per pound (moist ash-free basis), considered in the country of origin as brown coals, but classified under this system, to ascertain, in particular, their suitability for processing. When the total moisture content is over 30%, the gross calorific value is always below 10,260 Btu per pound.

Jenis analisa	Metode
Proximate :	ASTM D 3172
Form of moisture in coal	ASTM D 3302
-- Total moisture	ASTM D 05
--	ASTM D 3302
-- Equilibrium moisture	ASTM D 1412
Volatile matter	ASTM D 3175
Ash.	ASTM D 3174
-- Organic mineral - matter basis	ASTM D 318
Fixed Carbon	ASTM D 3172
Ultimate	ASTM D 3176
Total Carbon	ASTM D 3178
Total Hydrogen	ASTMD 3178
Total Sulfur	ASTM D 3177
Total Nitrogen	ASTM D 3179
Ash.	ASTM D 3174
Total Oxygen	ASTM D 3176
Chlorine	ASTM D 2361

Jenis analisa batu bara (2)

Tabel 4.

Other Chemical and physical Test.

Heating Value	ASTM D 2015
-- Gross heating value	ASTM D 2015
-- Net heating value	ASTM D 407
Sulfur form	ASTM D 2492
Ash fusibility	ASTM D 1857
Ash analysis	

Trace - element analysis	ASTM D 05
Free - swelling index (FSI)	ASTM D 720
Hardgrove grindability	ASTM D 409

Test for metallurgical coal :	
- Coal petrography - techniques	ASTM D 2799
- The geseler Plosticity	ASTM D 2639
- Audebert Arm Dilatomit	150 R 349
- A Sole Heated - oven Determination	ASTM D 2014
- Pilot Plant neovable-wall coke oven test	

Jenis analisa batu bara (sambungan) : (1)

Tabel 4.

Hubungan antara kadar karbon batu bara pada jumlah cincin dari inti Poliaromat dan bagian atom karbon dari rantai

Tabel 5.

Kadar atom karbon batu bara C = &% berat	Jumlah cincin dari inti poli-aromat (3)	Bagian atom karbon dari rantai, % atom (9)
70,5	15	-
75,5	20	-
81,5	25	28,3
85,0	30	26,3
89,0	40	22,9
91,2	55	16,4
92,5	65	11,5
93,4	75	9,0
94,2	90	6,8
95,0	2100	4,9
96,0	120	2,0
100,0 (grafit)	∞	0

Hubungan antara kadar atom karbon dengan kadar zat terbang dari batu bara (2)

Tabel 6

Kadar atom karbon batu bara C % berat	Kadar zat terbang batu bara, V = % vol
81,5	40,5
82,4	40,0
84,5	35,5
85,6	30,0
86,4	28,6
87,1	26,3
88,2	24,7
89,0	17,5
89,3	15,9
90,4	14,0
91,8	17,7

Energi dari berbagai jenis ikatan pada molekul batu bara (2)

Tabel 7

karbon-karbon	Energi ikatan kkal/gmol
$C_A - C_A$	492,0
$C_A - C_P$	79,4
$C_P - C_P$	71,1
Karbon-Hidrogen	
$C_A - H$	101,7
$C_P - H$	93,6
Karbon-Oksigen	
$C_P - O$	75,0

Hubungan antara temperatur karbonisasi batu bara pada C/H dan berat jenis Non Volatile (10)

Tabel 8

Temperatur pemanasan °C	Produk karbonisasi (padat)	
	C/H (atom/atom)	Berat jenis gr/cm ²
—	1,32 - 1,54	1,287 - 1,303
350	1,40 - 1,63	1,326 - 1,410
400	1,45 - 1,63	1,337 - 1,345
450	1,68 - 1,73	1,376 - 1,385
525	2,14 - 2,25	1,419 - 1,435
700	4,03 - 4,10	1,519 - 1,562
800	13,75 - 20,10	1,746 - 1,762

Distribusi atom C, H dan O pada produk karbonisasi batu bara dengan berbagai temperatur % atom (11)

Tabel 9

	Temperatur karbonisasi, °C								
	500°			900°			1100°		
	C	H	O	C	H	O	C	H	O
Batu bara	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Produk									
Kokas	80,2	36,35	4,35	79,8	9,68	13,034	85,9	3,97	13,04
Pitch	11,7	15,14	11,59	7,9	6,45	—	4,4	2,85	—
Lighter	0,6	1,00	—	0,5	1,00	1,45	0,3	0,37	1,45
Gas	7,50	35,36	13,04	11,8	8,19	63,77	9,4	89,08	63,77
Air	—	12,15	71,02	—	74,68	21,74	—	3,73	21,74

Temperatur perengkahan mula-mula dari berbagai jenis batu bara, (14)

Tabel 10

Jenis batu bara	Temperatur perengkahan mula-mula, °C
Peat	< 100°
Lignite	160°
Bituminous Coal	
High Volatile A	170°
High Volatile B	210°
High Volatile C	260°
Medium Volatile	300°
Low Volatile	320°
Anthracite	380°

Kecepatan pemanasan standard dari proses karbonisasi untuk suatu interval temperatur pemanasan tertentu (2)

Tabel 11

Kecepatan pemanasan °C/menit	Interval temperatur pemanasan, °C	
	Mula-mula	Akhir
5	255	435
10	300	458
20	310	486
40	347	503
60	355	550

Temperatur mula-mula penyusutan dan prosentase penyusutan dari bituminous coal (15)

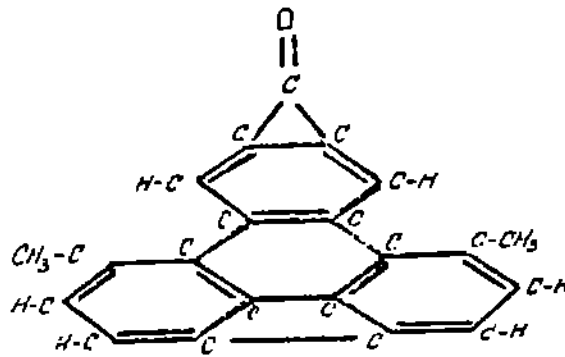
Tabel 12

Jenis batu bara	Temperatur mula-mula penyusutan °C	Penyusutan batu bara % vol
High Volatile B	460°	11,9
High Volatile C	480°	9,4
Medium Volatile	500°	7,5
Low Volatile	560°	6,0

Karakteristik produk kokas

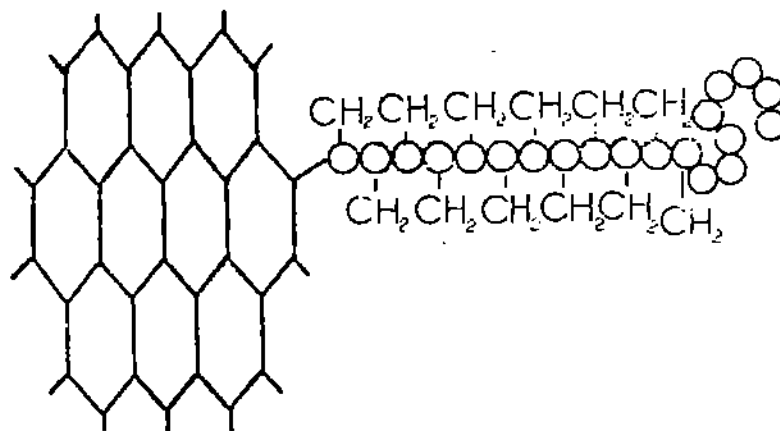
Tabel 13

Komposisi elementer	% berat
C	97 – 98
H	0,8 – 1
N	1 – 1,5
O	0
Berat Jenis gr/cm³	
– Tanpa pori (true density)	1,8 – 2
– Dengan pori (grain density)	0,8 – 1
– Tuang (bulk density)	0,4 – 0,5
Porositas	45 – 55 %
Nilai kalori kkal/kg	7950 – 8000



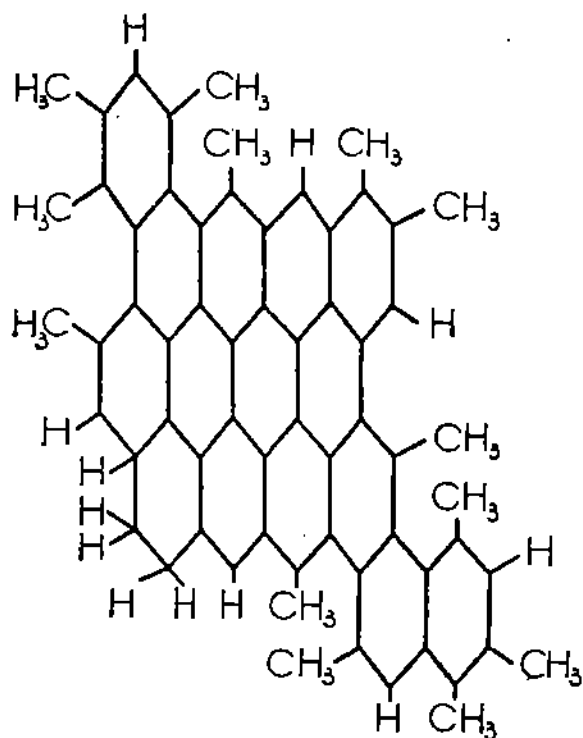
Model molekul inti poliaromat F. Muck (5)

Grafik 1.



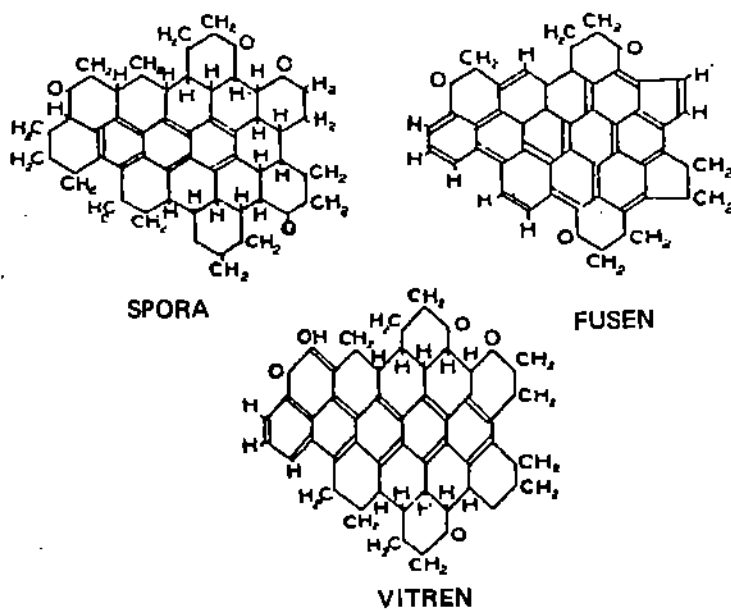
Model molekul inti poliaromat S.M. Grigorev (6)

Grafik 2.



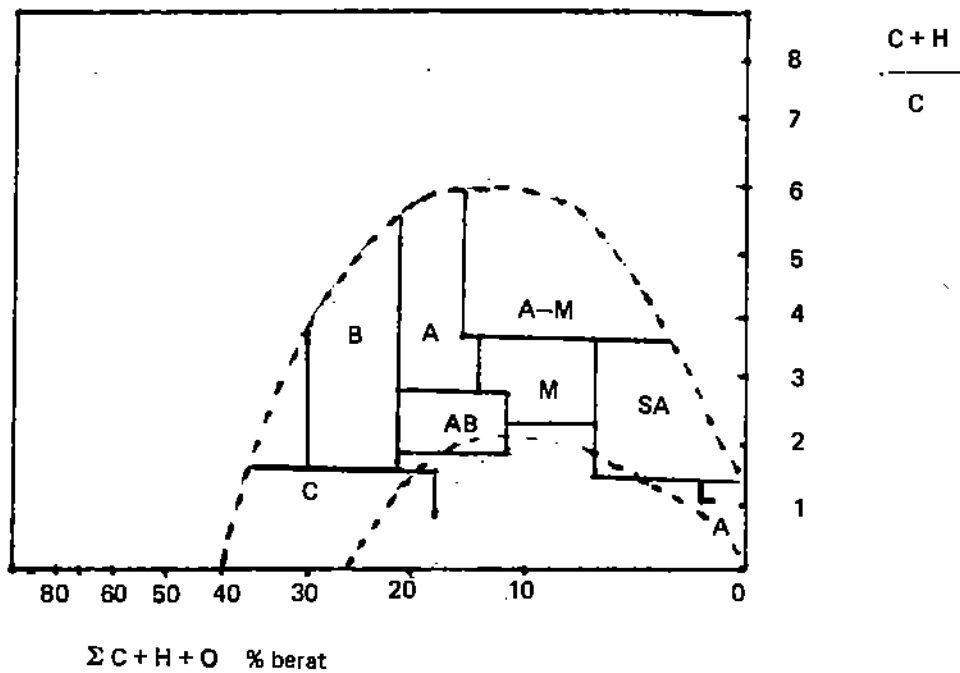
Model molekul inti poliaromat
K.P. Mezvedev (7)

Grafik 3.



Model molekul inti poliaromat
G. Huck (8)

Grafik 4.

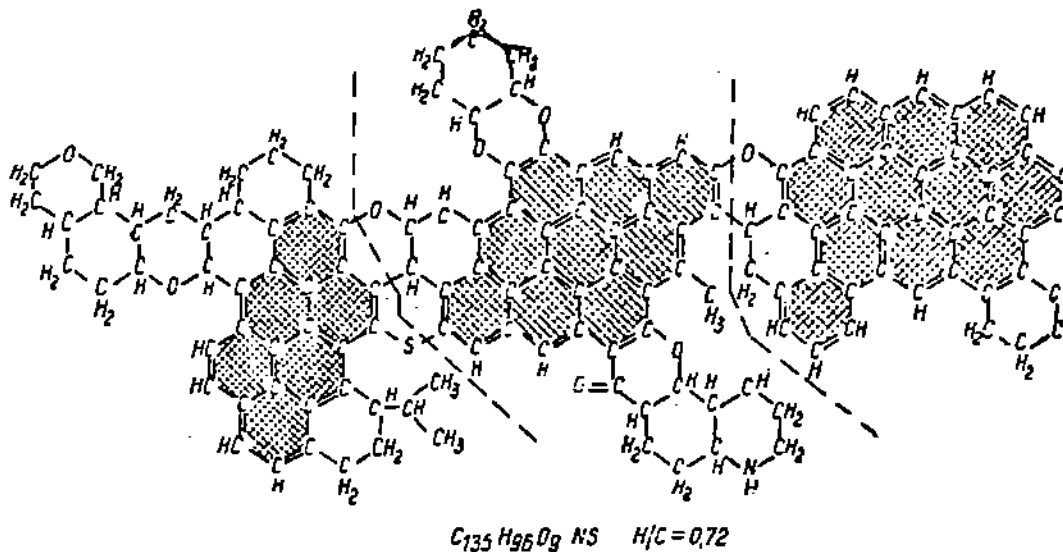


Hubungan antara prosentase total (C + H + O) dengan perbandingan (C + H)/O dari zat terbut dengan berbagai jenis batu bara (2).

Grafik 5.

Catatan :

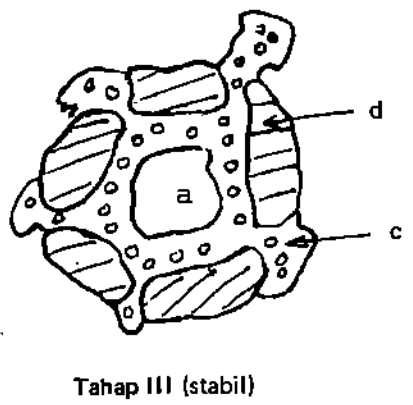
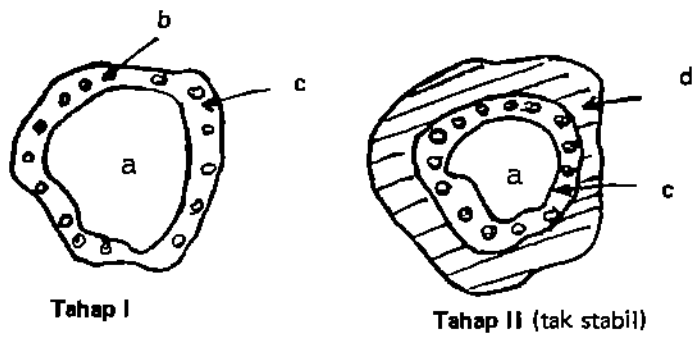
- A, B, C = High Volatile A, B, C, Bituminous Coal
- M, L = Medium, Low Volatile Bituminous Coal
- SA, A = Semi anthracita, Anthracita.



Model molekul zat organik batu bara
D. Van Krevelen (9).

Grafik 6.

Catatan : -- pecah pada proses karbonisasi

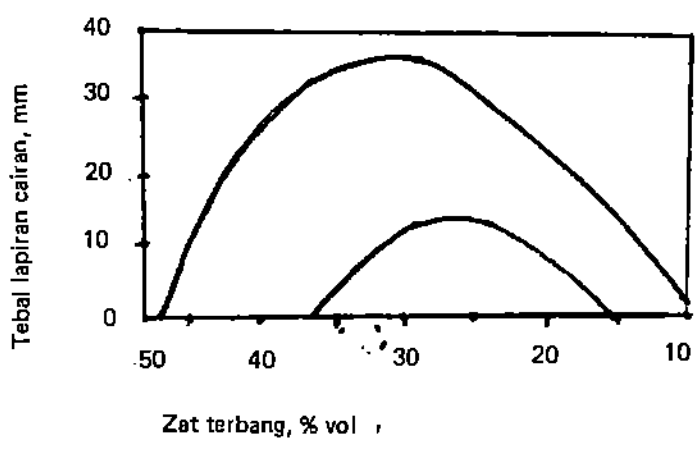


Mekanisma proses karbonisasi batu bara (10)

Grafik 7.

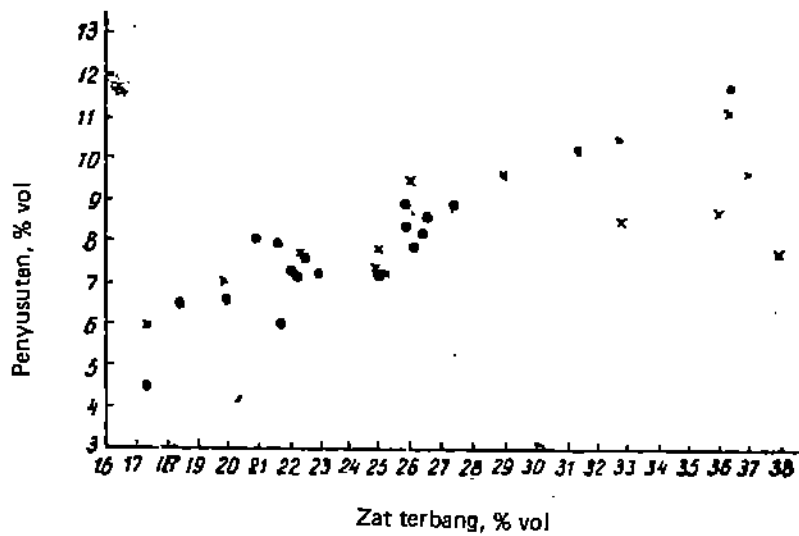
Catatan :

- a = batu bara
- b = produk gas
- c = lapisan elastis
- d = half coke



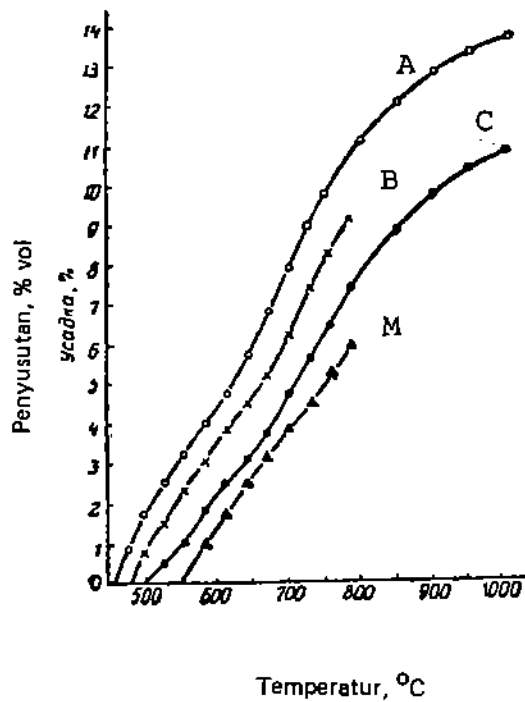
Hubungan antara zat terbang dengan tebal lapisan elastis pada proses karbonisasi batu bara (2)

Grafik 8.



Hubungan antara zat terbang dengan penyusutan batu bara pada proses karbonisasi dari berbagai jenis batu bara (16)

Grafik 9.

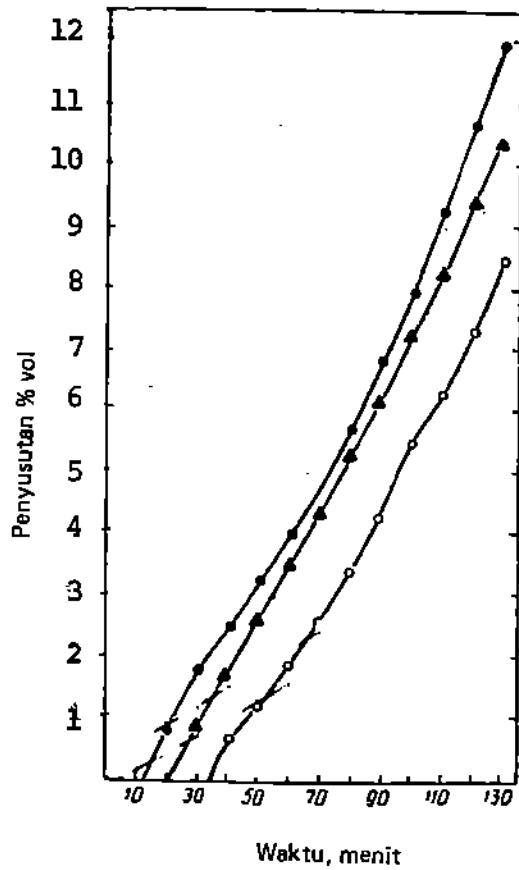


Hubungan antara temperatur proses karbonisasi dengan penyusutan batu bara (16).

Grafik 10.

Catatan :

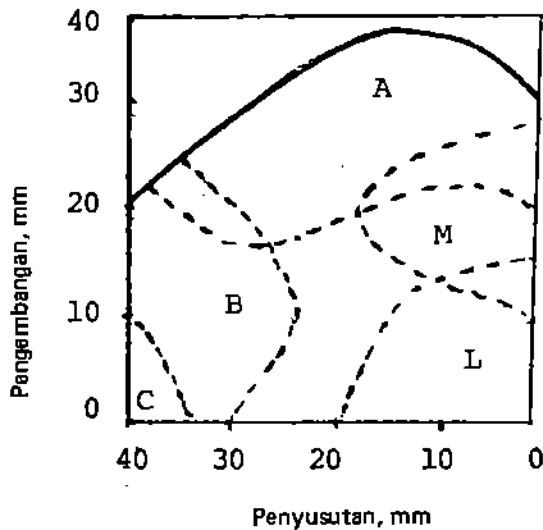
- A, B, C = High Volatile A, B, C Bituminous Coal
- M = Medium Volatile Bituminous Coal



Hubungan antara waktu proses karbonisasi dengan prosentase penyusutan dari berbagai jenis batu bara (15).

Grafik 11.

Catatan : 100% A, (75%A + 35%M), O(25%A + 75%M).

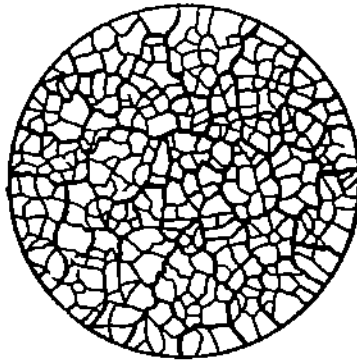


Hubungan antara penyusutan dengan pengembangan batu bara pada proses karbonisasi dari berbagai jenis batu bara (2)

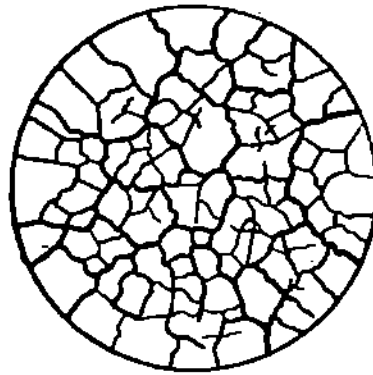
Grafik 12.

Catatan :

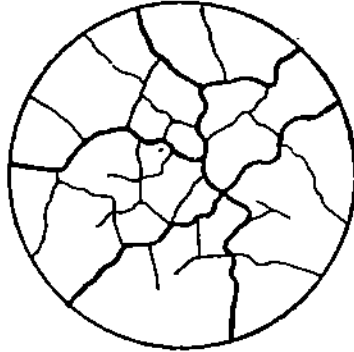
A, B, C = High Volatile A, B, C Bituminous Coal
M, L = Medium Low Volatile Bituminous Coal



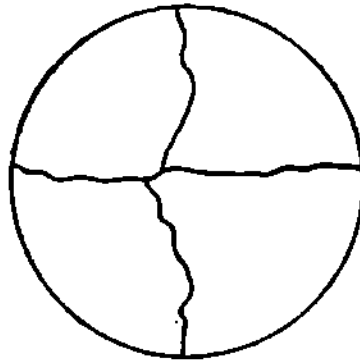
A



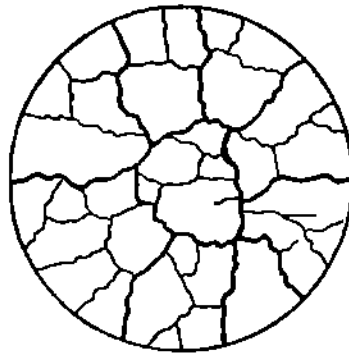
B



C



M



X

Produk kokas dari proses karbonisasi dengan berbagai jenis batu bara (15).

Grafik 13.

Catatan : A, B

- A, B, C = High Volatile A, B, C Bituminous Coal
- M = Medium Volatile Bituminous Coal
- X = Campuran batu bara



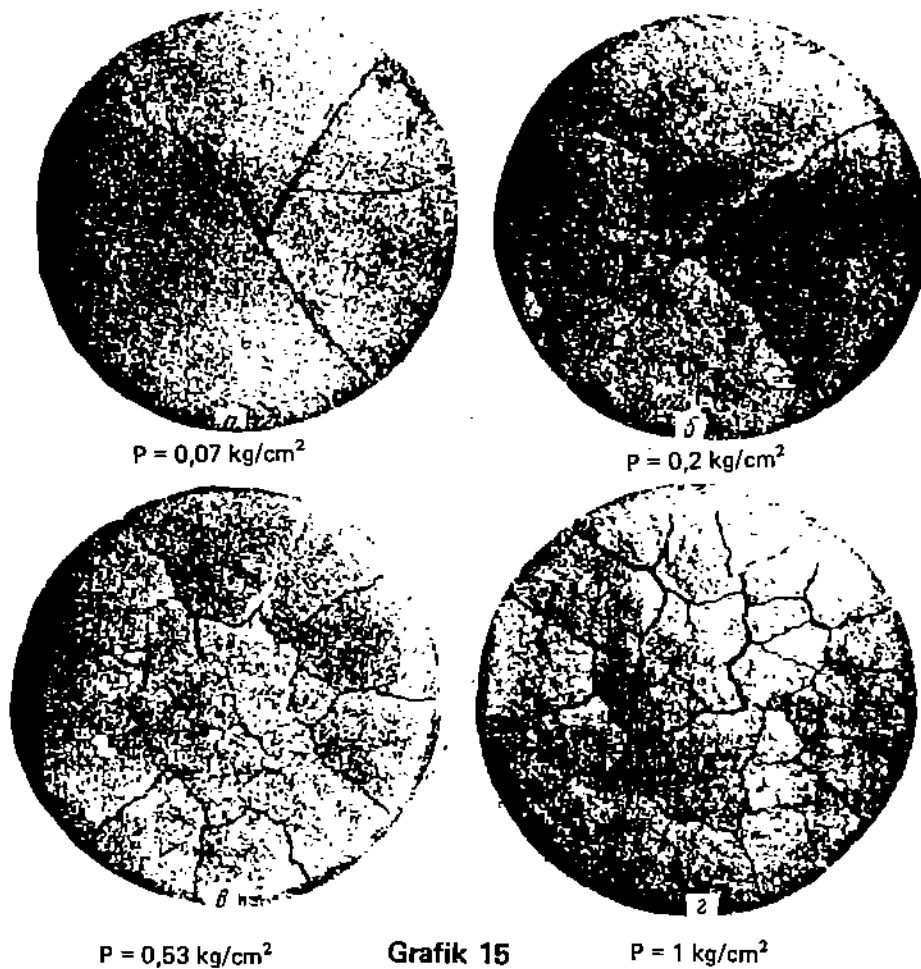
T = 500°C



T = 1000°C

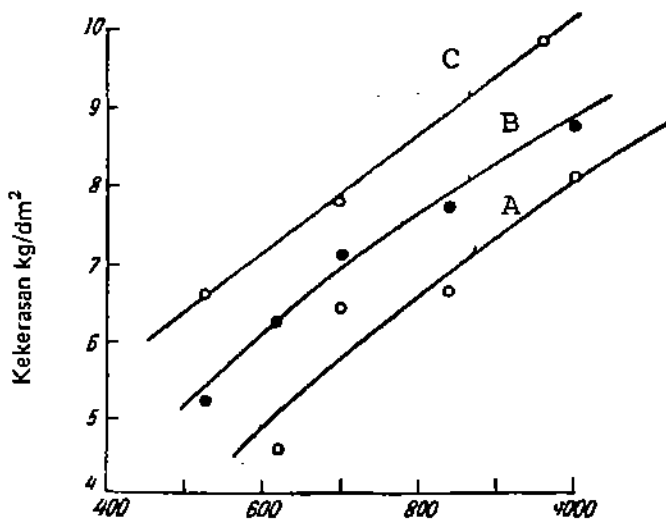
Grafik 14.

Pengaruh temperatur proses karbonisasi pada produk kokas (15).



Grafik 15

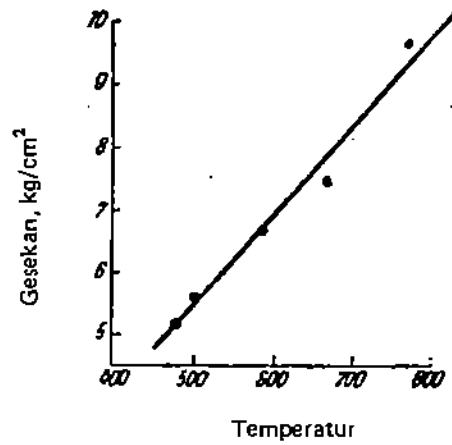
Pengaruh tekanan pengisian umpan batubara dari proses karbonisasi pada produk kokas (15)



Pengaruh temperatur proses karbonisasi pada kekerasan produk kokas dari berbagai jenis batu bara (15).

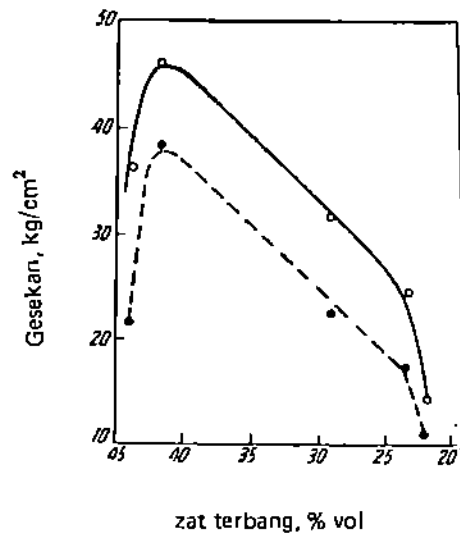
Grafik 16.

Catatan : A, B, C = High Volatile A, B, C Bituminous Coal



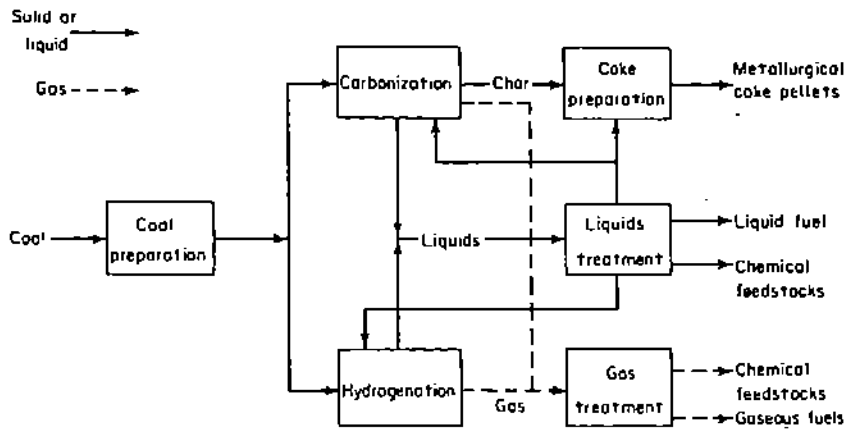
Grafik 17.

Pengaruh temperatur proses karbonisasi pada gesekan dari produk kokas (15).



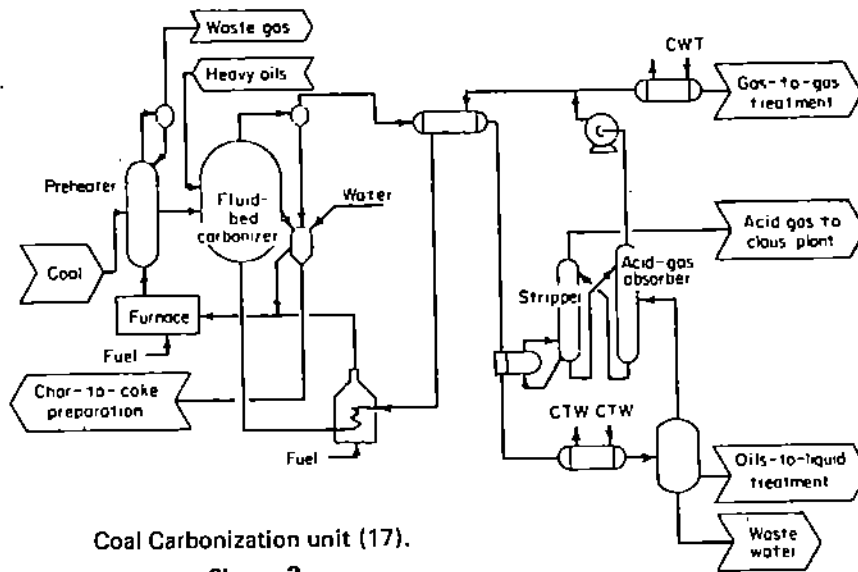
Grafik 18.

Pengaruh temperatur proses karbonisasi pada gesekan dari produk kokas (15).



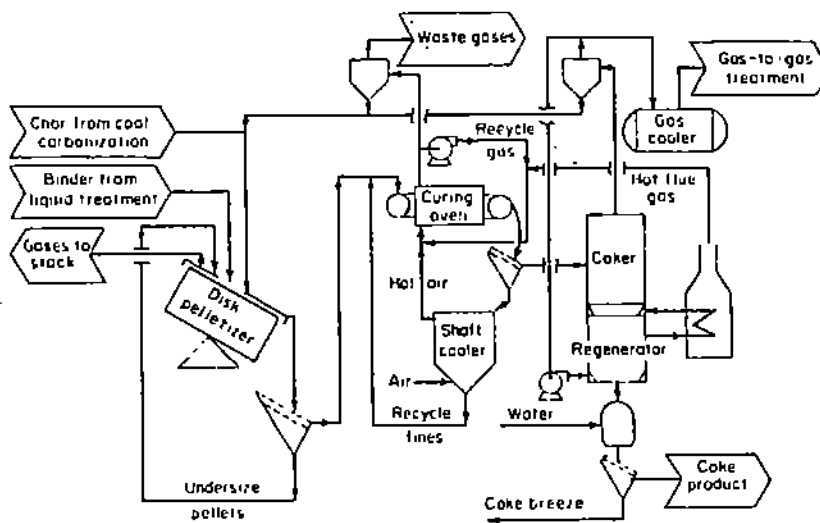
Carbonization/Hydrogenation Method (17)

Skema 1.



Coal Carbonization unit (17).

Skema 2.



Coal preparation unit (17).

Skema 3.