

PENGARUH MASERAL TERHADAP NILAI FSI DAN DILATOMETER PADA BATUBARA SEMISOFT COKING

Oleh : Yusuf Rumbino, ST, MT

Jurusan Teknik Mesin, Fak. Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana

Kampus Baru Penfui, Kupang , NTT

E-Mail : Y_rumbino@yahoo.com.sg

Batubara yang akan dibuat menjadi kokas memerlukan pemanasan, pada proses tersebut batubara akan melunak, mengembang dan kemudian mengeras, perilaku ini biasa disebut sebagai swelling behavior. Untuk mengukur perilaku tersebut maka diperlukan pengujian Free Swelling Index dan Dilatometry. Batubara memiliki type yang sangat dipengaruhi oleh jenis tumbuhan asal serta proses-proses pembentukan batubara itu sendiri. (kimia, fisika, biokimia). Komponen-komponen asal pembentuk batubara sendiri terbagi menjadi 3 kelompok maseral yaitu vitrinit, liptinit dan inertinit.. Vitrinit merupakan penyusun batubara yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang mengandung serat-serat kayu (selulosa) seperti batang, akar, dan daun. Liptinit merupakan sisa tumbuhan berupa spora, ganggang, getah, dan serbuk sari (polen). Sedangkan inertinit adalah hasil proses oksidasi tumbuhan yang terbakar atau hasil dari proses kegiatan pembusukan oleh jamur atau bakteri. Dengan menggunakan regresi linier didapatkan persamaan hubungan maseral terhadap FSI yaitu : $y = 0.414x - 35.008$ dengan nilai $R^2 = 0.9109$ dan hubungan dilatasi dengan maseral aktif : $y = 3.4116x - 279.66$ dengan nilai $R^2 = 0.8176$

Kata Kunci : batubara, maseral, free swelling,, dilatometer

PENDAHULUAN

Kebutuhan kokas dalam negeri sampai saat ini masih didatangkan dari RRC, Taiwan dan Jepang. Walaupun Indonesia memiliki cadangan batubara 36 milyar ton namun tidak semuanya dapat digunakan sebagai kokas. Namun saat ini ditemukan cadangan batubara yang telah dikelola oleh PT Marunda di Kalimantan Tengah memiliki sifat-sifat yang dapat diklasifikasikan pada jenis batubara *Semisoft Coking Coal*. Batubara ini dapat digunakan dalam pembuatan kokas, sehingga sangat diperlukan studi-studi mengenai pemanfaatannya sebagai batubara kokas. Kokas digunakan sebagai bahan bakar dalam proses peleburan bijih besi maupun *scrap*. Kokas sendiri terbuat dari batubara yang mengalami proses karbonisasi yaitu proses pemanasan batubara tanpa adanya oksigen, sehingga hanya karbon yang tertinggal pada akhir pemanasan. Menurut Francis dan Gibson (Speight,1994) bahwa kualitas kokas yang baik dilakukan dengan pemanasan awal 5°C/menit dari suhu 225°C – 550°C. Menurut Schobert, pengkokasan merupakan proses karbonisasi batubara yaitu proses destruktif pada batubara melalui pemanasan tanpa adanya udara pada suhu tinggi.

Tabel I : Syarat Kualitas Batubara Yang Disarankan Untuk Menghasilkan Kokas

Parameter		Perkiraan	Nilai batas
Total mixture	Ar,%	5 – 10	Max 12
Abu	Ad, %	Rendah	Max 6 – 8
Volatile matter	Ad,%(low volatile coal)	Bervariasi	16 – 21
	Ad, %(medium volatile coal)		21 – 26
	Ad,%(high volatile coal)		26 – 31
Total sulphur	Ad, %	Rendah	Max 0.6 – 0.8
Fosfor	Ad, %	Rendah	Max 0.1
Free swelling index		7 – 9	Min 6
Roga index		60 – 90	Min 50
Gray King Coke Type		G6- G9	Min G4-G5
Dilatometry	% (low volatile oal)	25 – 70	Min 20
Max dilatation	% (medium volatile coal)	80 - 140	Min 60
(Audibert-Arnu)	% (high volatile coal)	150 – 350	Min 100
Plastometry	°C (low volatile coal)	Lebih 70	Min 70
Fluidity range	°C (medium volatile coal)	Lebih 80	Min 80
	°C (high volatile coal)	Lebih 130	Min 100

Sedangkan menurut Gilchrist (dalam Tsai 1982) karbonisasi adalah proses dekomposisi yang pada tahap akhirnya akan menghasilkan suatu solid residu, liquid dan produk destilasi.

. Pada dasarnya ada dua faktor yang berpengaruh pada kualitas kokas yang dihasilkan dari proses karbonisasi yaitu eksternal faktor yang menyangkut pada kondisi teknis karbonisasi, dan faktor kedua adalah kondisi, sifat fisis dan kimia dari batubara yang akan digunakan sebagai bahan dasar kokas. Pada saat proses pemanasan dalam pembuatan kokas maka batubara mengalami beberapa peristiwa

Tabel II. Urutan Peristiwa karbonisasi Batubara

Suhu °C	Pengaruh	Sifat Produk		
		Residu karbon	Tar&minyak	Gas
300	Temperatur dekomposisi awal	Batubara	-	Sedikit CO, CO ₂ , H ₂ O
320	Minyak mulai terbentuk	Batubara	Minyak ringan, berwarna	CO, CO ₂ , H ₂ O, sedikit metana dan hidrokrbon tak jenuh
360	Pembentukan minyak berat dan gas-gas hidrokarbon, residu karbon mulai melunak	Batubara sebagian melunak	Minyak lebih gelap, merah atau coklat	Lebih banyak metana dan parafin berat, sedikit hidrogen
430	Pembentukan minyak kental dan tar. Residu batubara menjadi lunak dan memuai. Pembentukan gas dengan cepat menimbulkan gelembung. Proses dekomposisi berjalan dengan cepat	Masa karbon lunak, volume maksimal dan struktur gelembung	Minyak menjadi lebih kental dan berwarna coklat tua	Pembentukan maksimum parafin dan hidrokarbon tak jenuh dengan sedikit CO, H ₂ O dan hidrogen
460	Perolehan minyak dan tar menurun. Massa plastis memadat menjadi semikokas	Semikokas padat dengan struktur bergelembung maksimum dan dinding sel lemah	Sedikit minyak kental dan tar	Pembentukan maksimum parafin dan hidrokarbon tak jenuh dengan sedikit CO, H ₂ O dan hidrogen
600	Minyak dan tar habis, semikokas keras dan mulai menyusut	Semikokas yang lebih keras dengan warna masih hitam	-	Penurunan perolehan hidrokarbon dan air, CO, dan hidrogen meningkat
900	Penyusutan lanjut yang mengeraskan kokas. Struktur berubah dengan pembentukan awal struktur grafit	Keras, berwarna abu-abu keperakan	-	Gas-gas yang umumnya CO, hidrogen dan metana

Setelah menjadi kokas haruslah memenuhi standar dalam pemanfaatannya sebagai kokas blast furnace.

Tabel III : Persyaratan Kokas Blast Furnace standar Industri Amerika

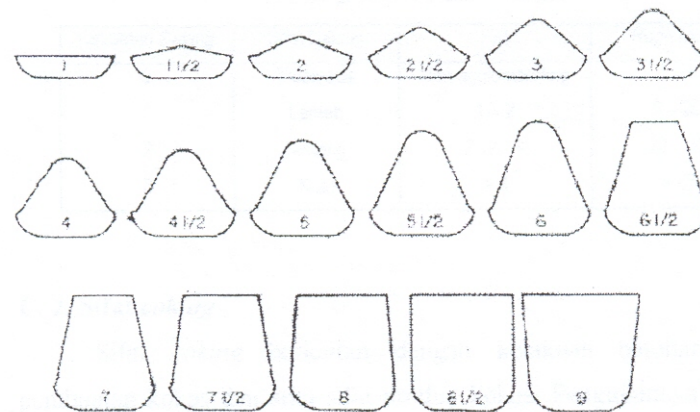
Spesifikasi	Nilai
Sifat Kimia	
Air (ad,%0)	<5
Abu (ad,%)	9-10
Zat terbang (ad,%)	<2
Karbon Padat (ad,%)	85-90
Fosfor (%)	<0.04
Sulfur (ad,%)	<1.2
Nilai Kalor (ad,kal/gr)	6800-7162
Sifat Fisik	
Kuat Tekan (kg/cm ²)	100
True Sp.Gr (lb/cuft)	1.89
Apparent Sp.Gr (lb/cuft)	1.04
Porositas (%)	45-50
Ukuran (inch)	¾ - 4 ½
Tumbler test	70
Shatter test on 2 inch	40

Batubara terdiri dari 3 jenis maseral yaitu *vitrinite*, *lipnite*, dan *inertinite*. Vitrinite merupakan penyusun utama batubara yang berasal tumbuh-tumbuhan yang mengandung serat

kayu seperti batang, daun, akar dan daun. Pada pengamatan secara mikroskopis refleksi, vitrinite menunjukkan warna abu-abu gelap sampai abu-abu terang, tergantung rank batu bara tersebut. Semakin tinggi rank batubara maka makin terang warna yang dihasilkan. Vitrinite mempunyai berat jenis 1.3-1.8 dengan kandungan oksigen yang tinggi serta *volatile matter* berkisar 35%. Liptinite biasa disebut pula exinite yaitu sisa tumbuhan pembentuk batubara yang berupa spora, ganggang, kulit luar (cuticula), getah tanaman dan serbuk sari.. Dalam pengamatan mikroskopis refleksi menunjukkan warna abu-abu tua sampai hitam, sedang dibawah sinar ultraviolet menunjukkan warna kuning kehijauan sampai jingga kecoklatan. Liptinite memiliki BJ 1,0 – 1,3 dengan kandungan hidrogen tinggi, dan kandungan volatile matter berkisar 67%. Inertinite berasal dari oksidasi maseral lain, tumbuhan yang terbakar atau hasil proses biokimia oleh bakteri atau jamur.. Dalam pengamatan mikroskop reflektan menunjukkan warna abu-abu sampai hitam dan dibawah sinar ultraviolet berwarna kuning kehijauan sampai jingga kecoklatan. Memiliki BJ 1.5 – 2.0 dan kandungan karbon yang paling tinggi diantara maseral lain, memiliki kandungan VM berkisar 23%. Ada 2 sifat batubara yang perlu diperhatikan dalam kaitannya sebagai bahan dasar pembuatan kokas yaitu sifat *caking* dan sifat *coking*.

Sifat Caking

Menyatakan kemampuan batubara untuk menggumpal dan memuai selama proses karbonisasi dan pengujiannya biasa berkaitan dengan laju pemanasan yang mendadak. Salah satu sifat caking yang diukur adalah *Free Swelling Index* (FSI). Secara umum nilai FSI minimum batubara kokas adalah 3.5. Sedangkan menurut *Australian standard AS-2519 (93)* lebih disukai yang berkisar 5 – 9 dengan nilai minimum 4. Ada 17 profile standard free swelling index yaitu sbb :



Gambar 1 : Profil standar FSI

Sifat Coking

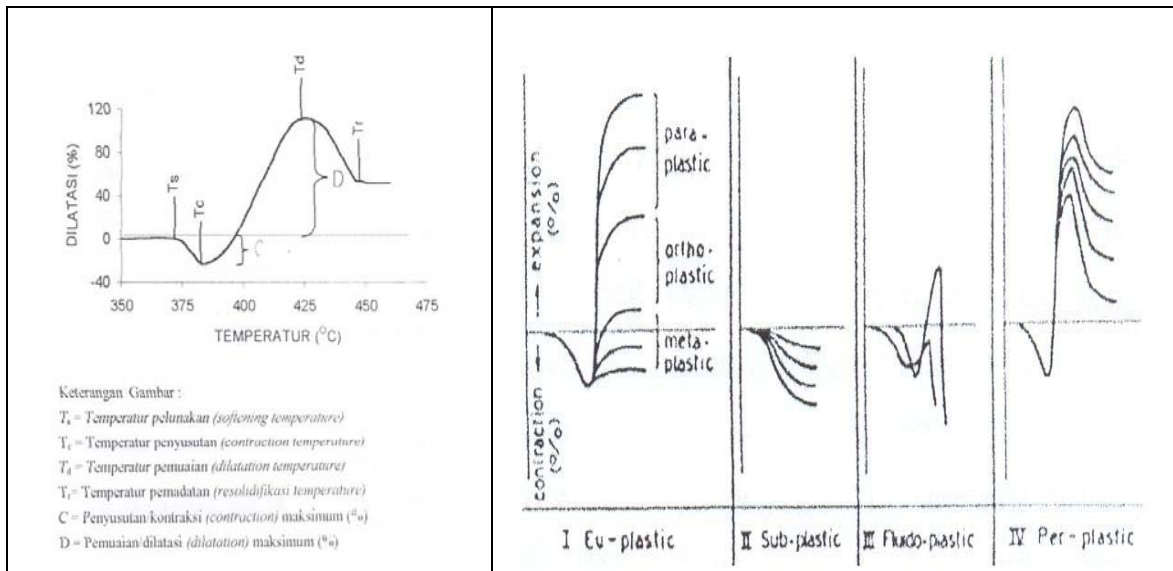
Berkaitan dengan perilaku batubara selama proses pembuatan kokas dan sifat produk kokas. Pengujian sifat coking antara lain dengan dilatometry dan Gray king test. Pengujian dilatometry adalah untuk mempelajari perubahan volume batubara selama masa mengalami penyusutan/kontraksi dan pemuaihan/dilatasi diukur dengan alat dilatometer. Menurut Krevlen (1993) nilai dilatasi yang optimal untuk memperoleh kekuatan coking yang baik adalah 100%

Tabel IV : Kekuatan Sifat Coking berdasarkan Nilai Dilatasi dan Jenis Kokas Gray King

Kekuatan Coking	Kekuatan Sifat Coking	Nilai Dilatasi maksimum (%)
0	Tidak ada kekuatan coking (bukan batubara kokas)	Tidak terjadi dilatasi-kontraksi
1	Kekuatan coking sangat lemah, hanya digunakan untuk penambah pada batubara kokas yang mempunyai kekuatan	Hanya kontraksi

	coking > 140%	
2	Kekuatan coking lemah, hanya digunakan untuk penambah pada batubara kokas yang mempunyai kekuatan coking > 50%	< 0
3	Kekuatan coking cukup, biasanya disukai untuk blending agar menghasilkan nilai optimal (100%)	0 – 50%
4	Kekuatan Coking yang bagus	50 – 140
5	Kekuatan coking terlalu tinggi, digunakan untuk blending dengan batubara kokas yang mempunyai kekuatan kokas sangat lemah (hanya kontraksi)	> 140

Menurut Hoffmann dan Hoehne (1954) dari Krevelen (1993) dengan pengujian dilatometry dapat ditentukan jenis perilaku muai batubara. Dengan hasil kurva dilatometry ada empat klasifikasi jenis perilaku muai dalam dilatometer yaitu *eu-plastic*, *sub-plastic*, *fluido-plastic* dan *per-plastic*. Batubara dengan eu-plastic terutama tersusun dari maseral vitrinite. Pada pemanasan awal menunjukkan kontraksi yang kemudian diikuti dengan expansion (dilatasi) yang cepat. Setelah mencapai titik dilatasi maksimum, pada akhirnya volume akan tetap. Persentase kenaikan volume ini tergantung pada rank batubara dan komposisi dari maseral liptinit dan inertinit.



Gambar 2 : Grafik Dilatometry

Batubara dengan jenis ortho-plastic (\pm dilatasi $\leq 100\%$) dari eu plastic diperkirakan memiliki sifat coking yang sangat bagus. Jenis kedua yaitu batubara subplastis, batubara ini hanya mengalami kontraksi. Hal ini merupakan ciri batubara kelas rendah (rank rendah) dan mempunyai kandungan maseral inertinite yang tinggi bila dibuat kokas akan membentuk kokas yang meleleh. Pada jenis fluido-plastic setelah mencapai titik dilatasi maksimum, kurva menurun dengan tajam secara vertikal. Ini merupakan perilaku batubara yang kaya akan kandungan maseral liptinit. Batubara jenis per-plastic merupakan gabungan sifat eu-plastic dan fluido-plastic.

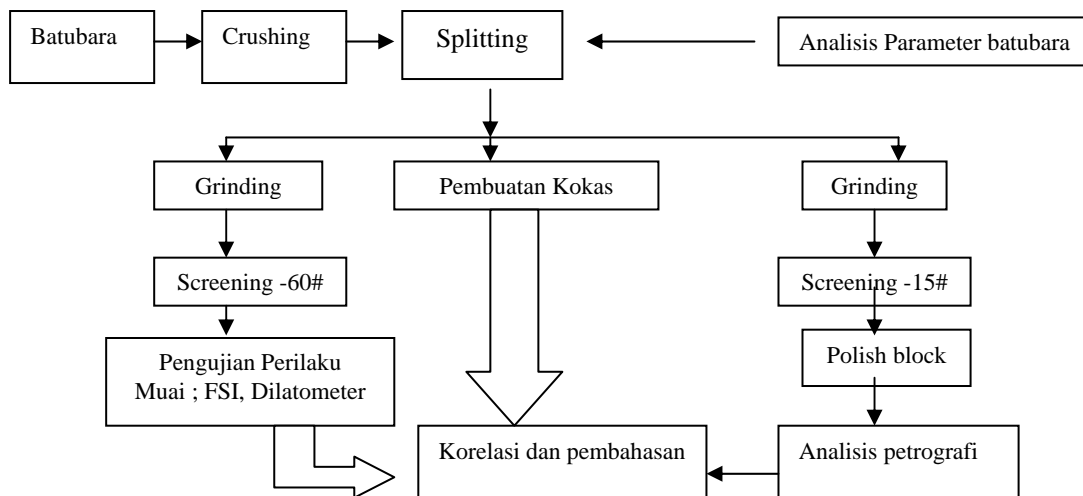
METODOLOGI PENELITIAN

Tujuan penelitian adalah mempelajari hubungan kandungan petrografi (maseral batubara kokas) terhadap perilaku muai batubara akibat proses pemanasan saat pembuatan kokas. Adapun parameter pendukung penelitian adalah :

Analisis Parameter Batubara

- Proximate analyze* yang meliputi kadar air lembab (*inherent moisture*), abu (*ash*), zat terbang (*volatile matter*) dan karbon padat (*fixed carbon*). Semua pengukuran mengikuti aturan ASTM D 3172

- b. *Ultimate analyze* ; yaitu analisa unsur karbon, hidrogen, nitrogen, belerang, dan oksigen
- c. *Calorific analyze* ; menghitung kalor batubara dengan alat adiabatic bomb calorimetre



Gambar 3 : Diagram Alir Penelitian

Perilaku Muai

FSI ; Free Swelling Index

Pengujian dilakukan dengan memanaskan contoh (± 1 gram) pada suhu ± 825 °C selama 2.5 menit. Contoh ditempatkan di dalam crucible tertutup lalu dimasukkan ke dalam furnace dan dipanaskan di bawah kondisi terkendali sampai membentuk *coke button*. Hasil *coke button* kemudian dipadankan dengan profil standar. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, rata-rata dari bentuk profil yang mendekati standar dengan pendekatan $\frac{1}{2}$ ke atas diambil sebagai nilai FSI

Dilatometry

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Orton Dilatometer type 1000-D. Perubahan volume selama masa mencair dapat diukur. Dari pengujian ini tingkah laku pengkerutan dan atau pemuai batubara kokas akan diketahui. Pada prinsipnya pengujian dilakukan untuk menentukan variasi dari panjang contoh batubara ketika dipanaskan menurut laju pemanasan yang telah ditentukan. Dalam hal ini ± 2 gram contoh batubara dicetak membentuk pensil dengan panjang 1 inch dan diameter 1 cm diletakkan dalam tabung dan ditempatkan sejajar dengan piston/rod yang berdiameter 1 cm dan pada ujung rod diberi beban. Tabung bersama contoh di dalamnya dimasukkan ke dalam tungku listrik dan dipanaskan mulai 300 °C dengan laju pemanasan 3°C per menit. Pembacaan secara digital dengan perangkat komputer (programable dilatometer) terhadap perpindahan piston/rod sebagai fungsi temperatur dan panjang pensil semula.

Petrografi

Preparasi

Dalam tahap ini hasil ayakan batubara dicampur dengan transoptik powder (epoxy resin) dengan perbandingan 1 : 2. Campuran diaduk hingga rata dan dicetak pada tabung baja., selanjutnya dipanaskan pada suhu 200 °C. Setelah mencapai 200 °C kemudian ditekan dengan jack hydraulic dengan tekanan 2000 psi. Setelah dibiarkan semalaman kemudian pellet digosok dengan alat *Grinder Polisher Buehler metaserve* dengan serbuk spesial silikon carbide dengan grade power 800 mesh, 1000 mesh dilanjutkan dengan penggosokan secara manual dengan serbuk alumina berukuran 0.03 mikron di atas kain sutera.

Analisis Reflektansi Vitrinite

Menggunakan alat *Carl Zeiss Microscope Pol Transmitted and Reflected Light* dengan perlengkapan MPP (microscope photometer processor system) yang dilengkapi dengan beberapa lensa objective MPL 32 x/ 0.65 serta standar reflektansi yang telah diketahui nilainya. Pengukuran reflektansi vitrinite dilakukan di bawah medium minyak (imersion oil) yang memiliki indeks refraksi 1,518 pada panjang gelombang 546 nm dan temperatur 23 °C.

Analisis Komposisi Maserat

Alat yang digunakan sama dengan alat yang digunakan untuk reflektansi dengan penambahan alat *automatic point counting model F* untuk mengidentifikasi setiap maseral dan mineral matter dalam contoh. Alat ini menggunakan lensa *oil immersion objective* pembesaran 400 kali. Pengamatan dilakukan dengan memakai sinar fluoresence untuk membedakan maseral tertentu (liptinite) dengan mineral matter. Pengamatan komposisi maseral setiap contoh harus merata di seluruh permukaan, dan komposisi dinyatakan dalam persentase volume.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Reflektansi Vitrinite

Contoh batubara ternyata memiliki nilai reflektansi yang relatif konstan sehingga pengukuran cukup 50 kali untuk analisa reflektansi vitinite, dari hasil analisis dihitung nilai reflektansi vitrinite maksimum rata-rata (Rv_{max}) dan nilai persentase dari Vitrinoid type (V-type) yang diperoleh :

Tabel V : Hasil Analisis Reflektansi Rv_{max}

Contoh	Nilai Rv_{max}
1	0.65
2	0.58
3	0.57
4	0.61
5	0.56

2. Komposisi maseral

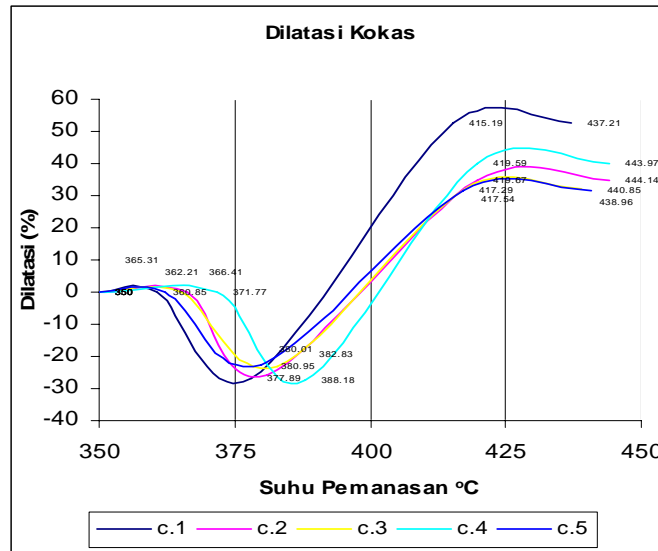
Tabel VI : Maseral pada batubara Semisoft Coking

Kelompok	Sub kelompok maseral	Maseral	Vol C ₁ (%)		Vol C ₂ (%)		Vol C ₃ (%)		Vol C ₄ (%)		Vol C ₅ (%)		
			unit	total	unit	total	unit	total	unit	total	unit	total	
Vitrinite	Tellovitrinite	tekstinite											Maseral Reaktif
		teksto-ulminite	3.6		4		4.4		1.2		2.6		
		eu-ulminite	0.8		1.8		0.6				0.4		
		telocollinite	59		62		63		67		63		
	Detroitrinite	attrinite		93.6	3.4	88	1	88.4	1.6	89.6	0.6	87.4	
		densinite	17		7.6		8.2		5.6		9.4		
		desmocolinite	7.4		6.4		3.4		8		6.6		
	Gelovitrinite	corpogelinite	5.8		3.2		7.6		6		4.6		
		porigelinite											
		eugelinite											
Liptinite		sporinite	0.2		0.4		0.4				0.2		
		cutinite	0.5		1.8		0.8		1		0.8		
		resinite	1		1.6		1.8		1.6		1.2		
		liptodetrinite		2.7		5	0.2	4.2	0.6	4	0.2	2.6	
		alginite											
		suberinite	1		1.2		1		0.8		0.2		
		fluorinite											
		eksudatinite											
bituminite													
Inertinite	Telo-inertinite	fusinite											Non Reaktif
		semifusinite	0.4		2.6		2.2		2.4		1.6		
		sklerotinite	0.2	0.7	0.6	3.8	0.4	2.8	0.6	3.2	1.4	4	
	Detroitrinite	inertodetrinite	0.1		0.6		0.2		0.2		1		
		mikrinite											
Gelo inertinite	makinrite												
Minerals		pirit	0.8	3	0.6	3.2	0.4	4.6	0.4	3.2	0.6	6	
		lempung	2.2		2.6		4.2		2.8		5.4		
Total				100		100		100		100		100	

3. Free swelling indeks

Contoh	Pengujian					FSI
	1	2	3	4	5	
1.	5	5	5 ½	5 ½	5	5
2	3 ½	4	3 ½	3 ½	3 ½	3. ½
3	3	3 ½	3	3	3	3
4	4	4 ½	4 ½	4	4	4
5	3 ½	3	3	3	2 ½	2 ½

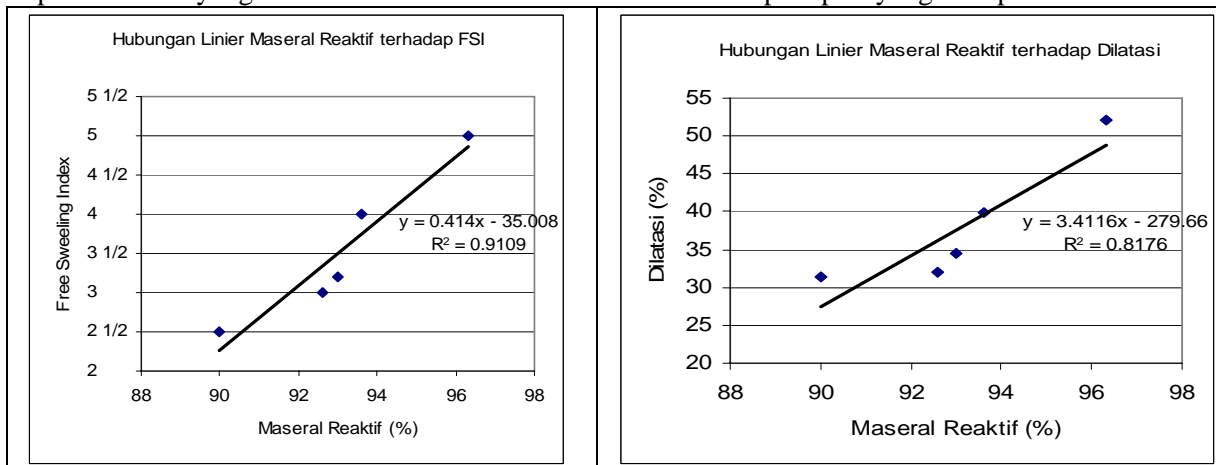
4. Dilatometry



Gambar 4: Dilatometry Kokas

PEMBAHASAN

Hubungan antara FSI dan dilatometer berbanding lurus, yaitu dengan meningkatnya nilai FSI maka akan meningkat pula nilai dilatasi. Batubara jenis semisoft coking menunjukkan fenomena per-plastic yang merupakan gabungan sifat eu-plastic dan fluido-plastic. Diawali kontraksi yang diikuti dengan dilatasi, setelah mencapai titik dilatasi maksimum kurva menurun dan akhirnya mendatar. Perilaku ini adalah gabungan dari komposisi maseral vitrinite yang dominan, dengan maseral liptinit dimana komposisinya ditunjukkan pada Tabel VI : diawali kontraksi yang diikuti dengan dilatasi, setelah mencapai titik dilatasi maksimum kurva menurun dan akhirnya mendatar. Perilaku ini adalah gabungan dari komposisi maseral vitrinite yang dominan, dengan maseral liptinit. Kokas yang dihasilkan dari batubara ini akan memiliki pori-pori yang cukup besar.



Gambar : Hubungan Maseral Reaktif Terhadap FSI dan Dilatasi

Pada kenaikan kandungan maseral aktif menunjukkan kenaikan nilai FSI dan dilatasi sedangkan penurunan nilai FSI dan dilatasi diikuti dengan peningkatan kandungan maseral inert (inertinite dan mineral matter) sehingga dapat dikatakan bahwa ada nilai FI dan dilatasi dipengaruhi oleh kandungan maseral reaktif.. Dengan menggunakan regresi linier didapatkan persamaan hubungan maseral terhadap FSI yaitu : $y = 0.414x - 35.008$ dengan nilai $R^2 = 0.9109$ dan hubungan dilatasi dengan maseral aktif : $y = 3.4116x - 279.66$ dengan nilai $R^2 = 0.8176$

KESIMPULAN :

Pada beberapa industri pembuatan kokas lebih menyukai batubara yang menyerupai jenis ortho-plastic sehingga perlu dilakukan pencampuran (blending) dari beberapa jenis batubara dengan beberapa karakter berbeda untuk menghasilkan batubara yang menyerupai jenis ortho-plastic yang memiliki sifat dilatasi dan FSI yang baik.. Selain itu diperlukan percobaan pada faktor eksternal dalam pembuatan kokas yaitu pada variasi suhu pemanasan, lamanya pemanasan serta kecepatan pemanasan. Secara umum batubara semisoft coking coal ini didominasi vitrinite dari maseral tellocolinite dan dari liptinite yaitu resinit dan cutinite.

DAFTAR PUSTAKA

1. Krevlen, "Coal, Typhology-Chemistry-Physics-Constitution", 1993, Elsevier, New York
2. Osborn, "Coal Preparation Technology", 1988, Vol 1, Graham & Trotman Ltd, London
3. Speight, "The Chemistry and Technology of Coal", 1994, Marcell Dekker Inc, New York
4. Zimmerman, "Evaluating and Testing The Coking Properties of Coal", 1979, Freeman Pub, San Fransisco.
5. _____, "Coal Maceral Analysis", 1986, Standard Association Of Australian AS.2856, Australia.
6. Taylor, "Organic Petrology", 1998, Gebruder Borntraeger, Berlin
7. Tsai, "Fundamental of Coal Beneficiation and Utilization" 1982, Elsevier, New York.