

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL PEMBUATAN KARBON AKTIF

Karbon aktif berbentuk granul (*granular activated carbon*) dengan ukuran 10x20 *mesh* (0.8-2.3 mm) telah didapat dari percobaan. Secara fisik, bahan dasar yang telah dikarbonisasi berbeda dengan karbon aktif yang telah jadi atau sudah melalui proses aktivasi. Akan tetapi, variasi waktu aktivasi memberikan hasil yang sama dari segi warna maupun bentuk. Bentuk batubara yang telah dikarbonisasi dapat dilihat pada gambar 4.1, sementara gambar 4.2 menunjukkan karbon aktif hasil percobaan.



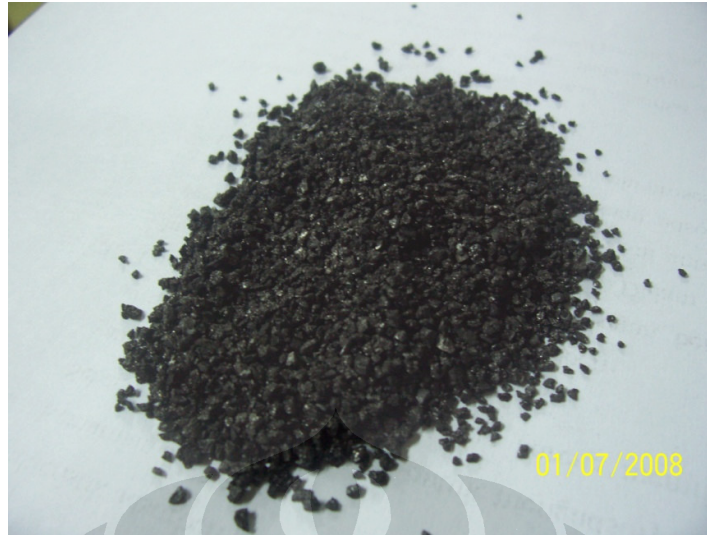
Gambar 4.1 Bahan dasar setelah proses karbonisasi



Gambar 4.2 Karbon aktif dari batubara Sumatera Selatan (SS)

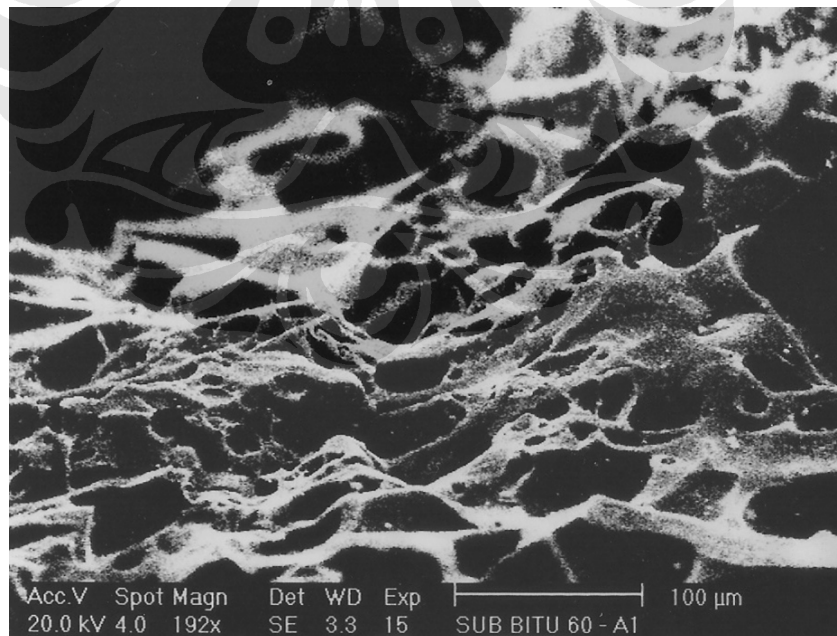


Gambar 4.3 Karbon aktif dari batubara Kalimantan Timur (KT)

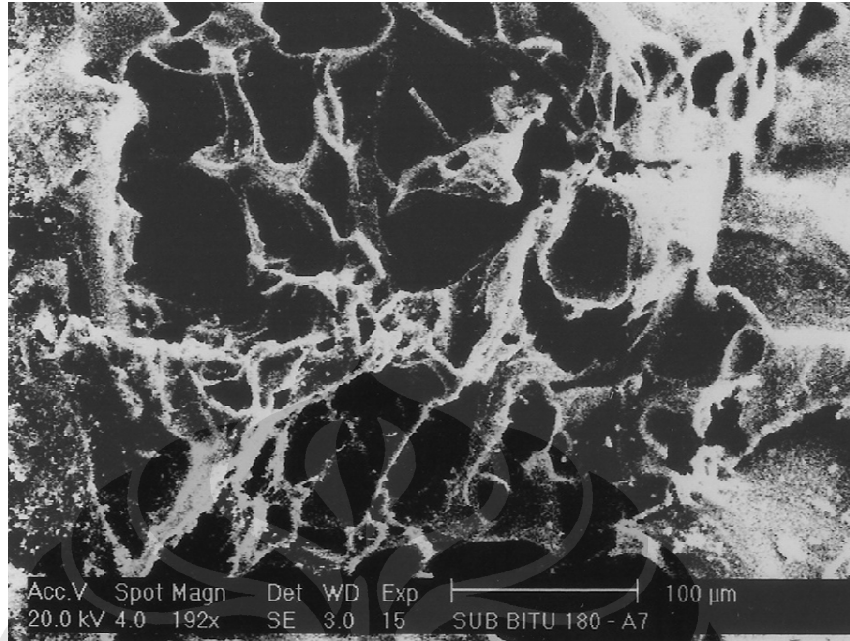


Gambar 4.4 Karbon aktif dari batubara Riau (RU)

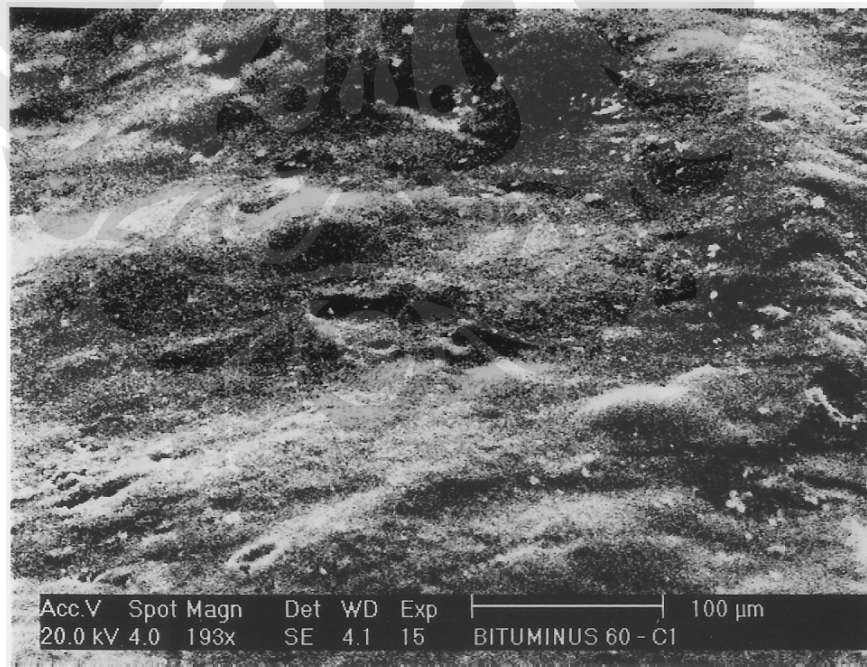
Permukaan karbon aktif dapat dilihat menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui keberadaan pori berukuran besar pada permukaan karbon aktif. Gambar 4.3 dan gambar 4.4 menunjukkan foto-foto hasil dari SEM yang dilakukan di Puslabfor Mabes Polri.



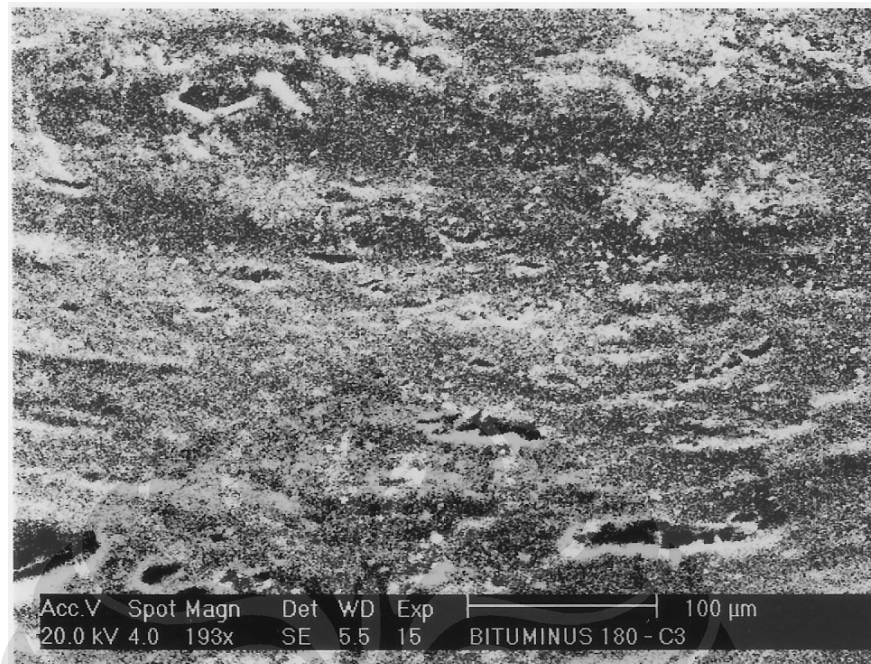
Gambar 4.5 Foto SEM permukaan karbon aktif RU1



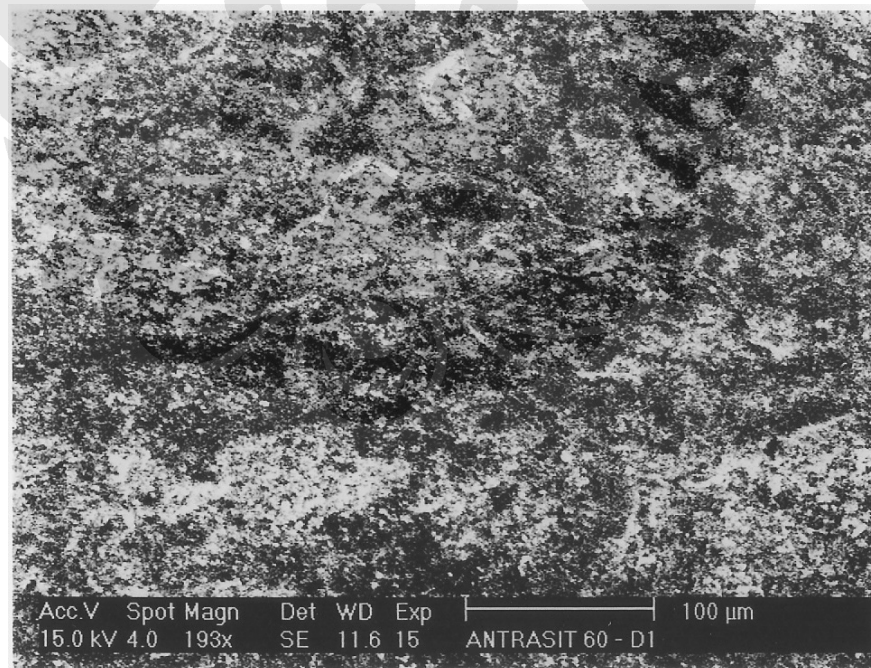
Gambar 4.6 Foto SEM permukaan karbon aktif RU5



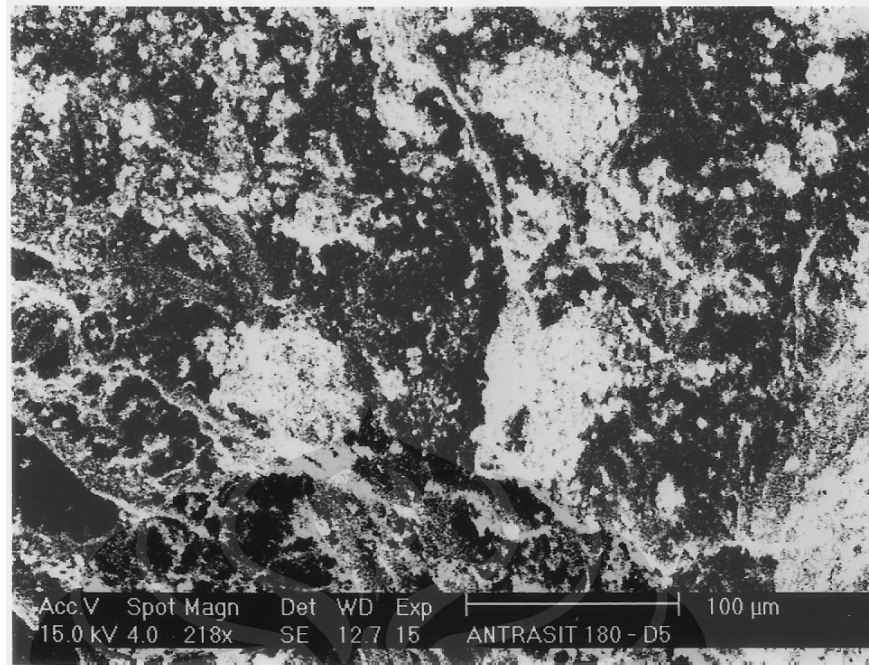
Gambar 4.7 Foto SEM permukaan karbon aktif KT1



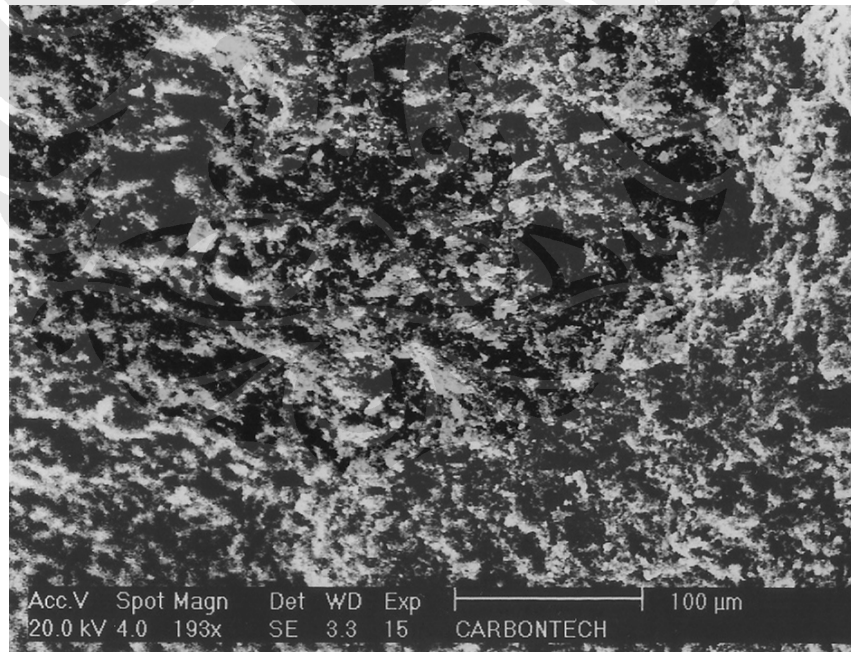
Gambar 4.8 Foto SEM permukaan karbon aktif KT5



Gambar 4.9 Foto SEM permukaan karbon aktif SS1



Gambar 4.10 Foto SEM permukaan karbon aktif SS5



Gambar 4.11 Foto SEM permukaan karbon aktif *Carbotech*

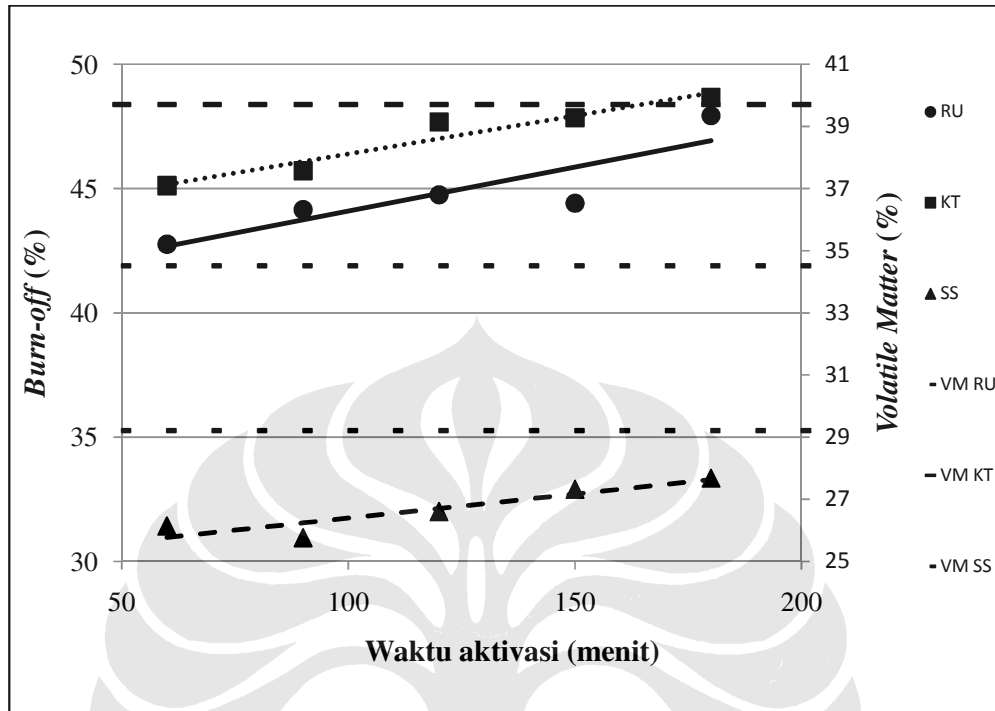
4.2 BURN-OFF KARBON AKTIF

Variasi yang diberikan terhadap waktu aktivasi memberikan hasil *burn-off* yang berbeda. Semakin lama waktu aktivasi, maka *burn-off* yang dihasilkan akan semakin besar. Tabel 4.1 adalah nilai *burn-off* untuk setiap waktu aktivasi.

Tabel 4.1 Nilai *Burn-off* untuk tiap waktu aktivasi

No.	Karbon Aktif	Lama Proses Aktivasi	<i>Burn-off</i>
		Menit	%
1	RU1	60	42.76
2	RU2	90	44.15
3	RU3	120	44.75
4	RU4	150	44.41
5	RU5	180	47.93
6	KT1	60	45.12
7	KT2	90	45.72
8	KT3	120	47.68
9	KT4	150	47.84
10	KT5	180	48.67
11	SS1	60	31.4
12	SS2	90	30.9
13	SS3	120	32.0
14	SS4	150	32.9
15	SS5	180	33.3

Gambar 4.12 yang berupa grafik hubungan antara lama aktivasi dengan *burn-off* menunjukkan hasil yang linear. *Burn-off* yang semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu aktivasi menandakan semakin banyak *volatile matter* (bahan yang mudah menguap) yang hilang.



Gambar 4.12 Hubungan *burn-off* terhadap waktu aktivasi

Dari data dan grafik diatas diketahui bahwa batubara dari daerah Sumatera Selatan (SS) memiliki nilai *burn-off* yang paling kecil apabila dibandingkan dengan batubara daerah lain. Berdasarkan data pada tabel 3.1, batubara SS memiliki kandungan *volatile matter* yang paling rendah, dan *volatile matter* ini mempengaruhi nilai dari *burn-off* yang dihasilkan. Begitu juga dengan batubara RU dan KT, nilai *burn-off* tergantung dari kandungan *volatile matter*. Nilai *burn-off* tidak dapat dibandingkan secara kuantitatif antar batubara RU, KT, dan SS. Hal ini dikarenakan nilai *burn-off* tergantung dari kandungan *volatile matter* dari tiap jenis batubara.

Semakin besar nilai *burn-off*, maka massa bahan dasar yang hilang juga semakin banyak. Hal ini tidak efisien bila dilihat dari segi ekonomi. Oleh karena itu besar-kecilnya nilai *burn-off* tidak bisa dijadikan sebagai acuan dari kualitas karbon aktif. Akan tetapi keberadaan pori (*porosity*) dan

karakteristiknya lebih berperan dalam menentukan kualitas dari suatu karbon aktif.

Karakteristik dari pori menentukan aplikasi atau penggunaan yang sesuai untuk karbon aktif itu sendiri. Oleh karena itu pengujian BET dan laju adsorpsi digunakan sebagai metode dalam mencari karakteristik pori yaitu luas permukaannya.

4.3 LUAS PERMUKAAN DARI PENGUJIAN METODE BET

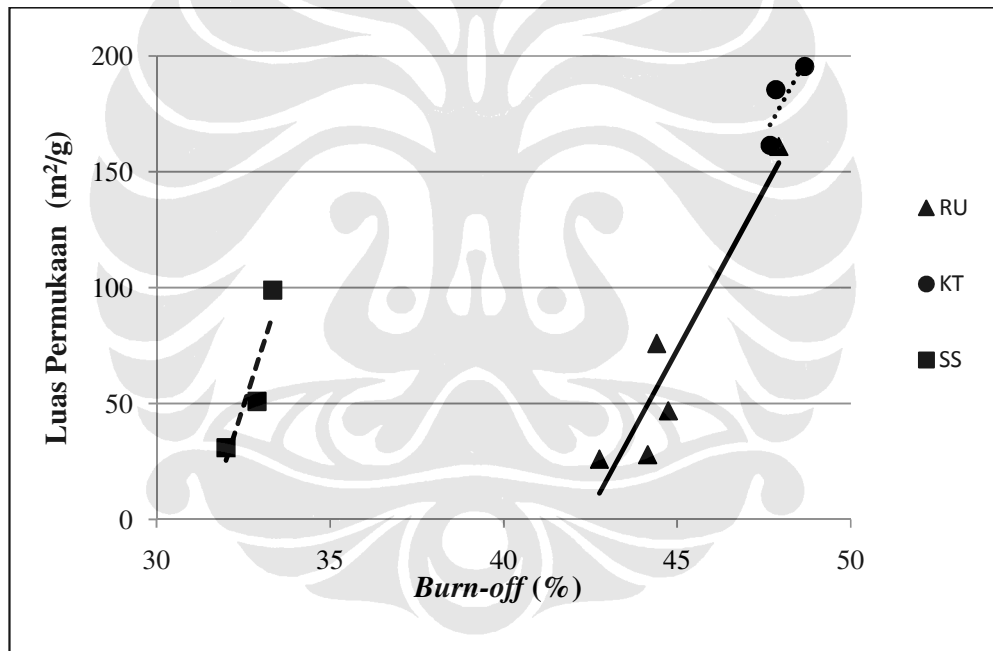
Sampel karbon aktif kemudian dikirim ke Direktorat Pengolahan Bagian Penelitian & Laboratorium PT. Pertamina untuk diuji menggunakan metode BET untuk mendapatkan nilai luas permukaannya.

Untuk mengetahui validitas dari data yang dihasilkan oleh pengujian BET ini, maka material karbon aktif komersial dengan merek dagang Carbotech juga ikut diuji untuk mengetahui nilai luas permukaannya. Menurut spesifikasi teknisnya, luas permukaan dari karbon aktif Carbotech ini adalah 1050 ± 50 m²/g (Spesifikasi teknis dari karbon aktif ini dapat dilihat pada halaman lampiran). Dan dari hasil pengujian menunjukkan nilai luas permukaannya sebesar 895 m²/g (selisih $\pm 15\%$ dari spesifikasi teknis). Dapat disimpulkan bahwa pengujian ini dapat menghasilkan nilai yang cukup representatif.

Tabel 4.2 Nilai luas permukaan dari pengujian BET

Nilai Luas Permukaan RU Dari Uji BET				
No.	Karbon aktif	Lama Aktivasi menit	<i>Burn-off</i> %	Luas Permukaan m ² /g
1	RU1	60	42.76	26
2	RU2	90	44.15	28
3	RU3	120	44.75	47
4	RU4	150	44.41	76
5	RU5	180	47.93	161
Nilai Luas Permukaan KT Dari Uji BET				
1	KT1	60	45.12	--
2	KT2	90	45.72	--

3	KT3	120	47.68	161.5
4	KT4	150	47.84	185.5
5	KT5	180	48.67	195.5
Nilai Luas Permukaan SS Dari Uji BET				
1	SS1	60	31.4	--
2	SS2	90	30.9	--
3	SS3	120	32.0	31
4	SS4	150	32.9	51
5	SS5	180	33.3	99
1	Carbotech			895

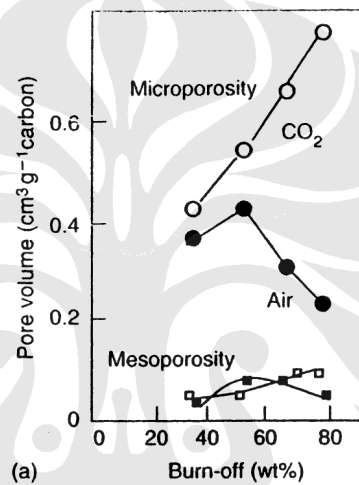


Gambar 4.13 Hubungan antara luas permukaan BET dengan *burn-off* dari tiap sampel karbon aktif

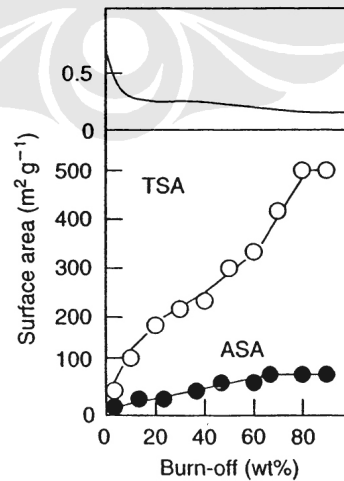
Dari grafik hubungan diatas dapat disimpulkan baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif bahwa semakin besar *burn-off* maka luas permukaannya juga semakin besar. Secara kualitatif, kecenderungan dari setiap sampel menunjukkan luas permukaan akan semakin besar seiring dengan semakin besarnya *burn-off*. Hasil pengujian sesuai dengan teori yang

menyatakan bahwa semakin besar *burn-off*, maka luas permukaan yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kandungan *volatile matter* yang hilang, maka semakin banyak pula volume pori yang tercipta. Banyaknya volume pori yang tercipta secara langsung memiliki potensi menjadi tempat terjadinya adsorpsi. Oleh karena itu, luas permukaan yang dimiliki juga semakin besar.

Gambar 4.14 menjelaskan tentang hubungan *burn-off* dengan volume pori pada karbon aktif.



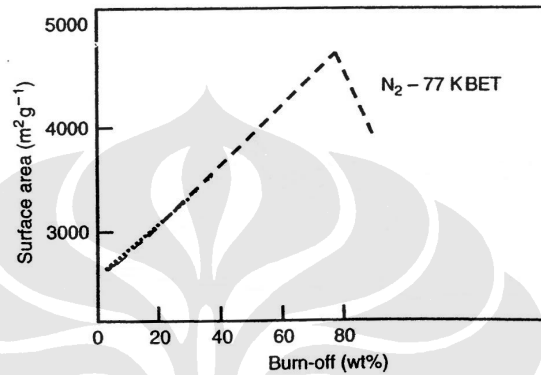
Gambar 4.14 Hubungan *burn-off* dengan volume pori (Marsh, et al., 2006)



Gambar 4.15 Hubungan *burn-off* dengan luas permukaan

(Marsh, et al., 2006)

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar *burn-off*, maka luas permukaannya akan semakin besar. Akan tetapi, kenaikan nilai *burn-off* tidak selamanya menghasilkan semakin besarnya nilai luas permukaan. Ada batasan atau *limit* dari *burn-off* terhadap luas permukaannya. Ada titik dimana luas permukaan akan menurun dengan semakin besarnya *burn-off*.



Gambar 4.16 Batasan nilai *burn-off* dari suatu penelitian pembuatan karbon aktif (Marsh, et al., 2006)

4.4 LUAS PERMUKAAN DARI PENGUJIAN LAJU ADSORPSI

Pada saat yang bersamaan, sampel karbon aktif juga diuji laju adsorpsinya menggunakan alat uji adsorpsi kinetik yang telah dikembangkan di Laboratorium Teknik Pendingin Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia.

Tabel 4.3 Nilai luas permukaan dari pengujian laju adsorpsi

Nilai Luas Permukaan Dari Uji Laju Adsorpsi						
No.	Karbon aktif	Lama Aktivasi menit	Burn-off %	Surface Area		
				Tekanan Adsorpsi		
				1 bar m ² /g	1.5 bar m ² /g	2 bar m ² /g
1	RU3	120	44.75	204.9	206.3	422.0
2	RU4	150	44.41	186.7	295.7	319.1
3	RU5	180	47.93	407.0	1113.5	1286.6

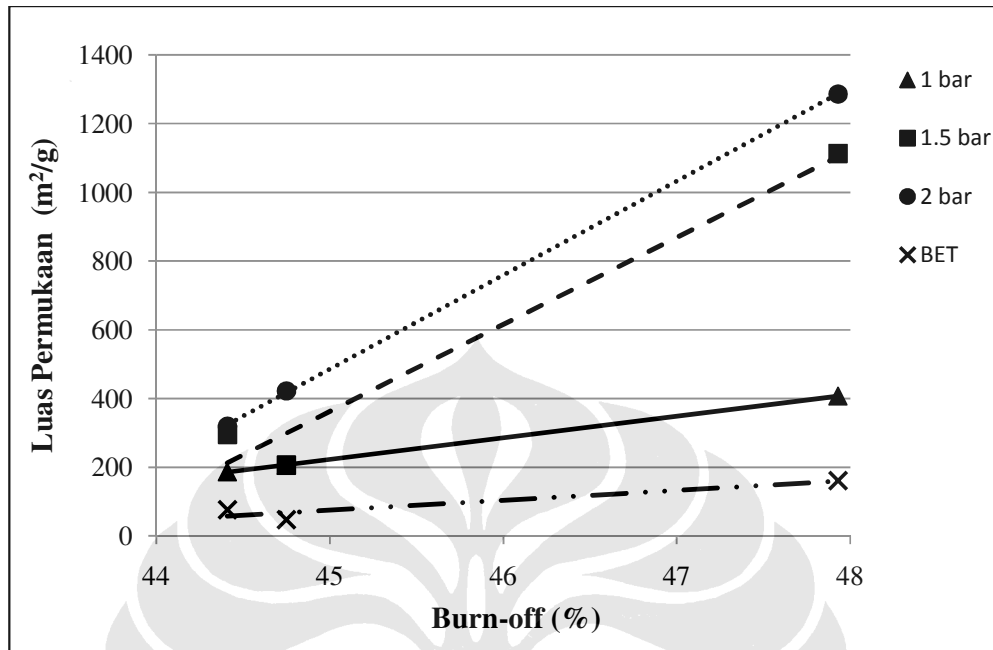
Hasil dari pengujian laju adsorpsi hanya mendapatkan data kapasitas adsorpsi untuk karbon aktif RU3, RU4, dan RU5. Hal ini dikarenakan adanya keterbatasan dalam pengambilan data.

4.5 PERBANDINGAN ANTARA LUAS PERMUKAAN BET DENGAN LAJU ADSORPSI

Hasil dari tiap pengujian kemudian dibandingkan untuk melihat perbedaan nilai luas permukannya.

Tabel 4.4 Perbandingan nilai luas permukaan tiap pengujian

No.	SAMPLER			LUAS PERMUKAAN (m ² /g)				Perbedaan (%)		
	KODE	Lama Aktivasi (menit)	<i>Burn-off</i> %	BET	Laju adsorpsi					
					Tekanan adsorpsi (bar)					
					1	1.5	2	%	%	%
1	RU3	120	44.75	47	205	206	422	336	339	798
2	RU4	150	44.41	76	187	296	319	146	289	320
3	RU5	180	47.93	161	407	1113	1287	153	592	699
rata-rata selisih								211	407	606



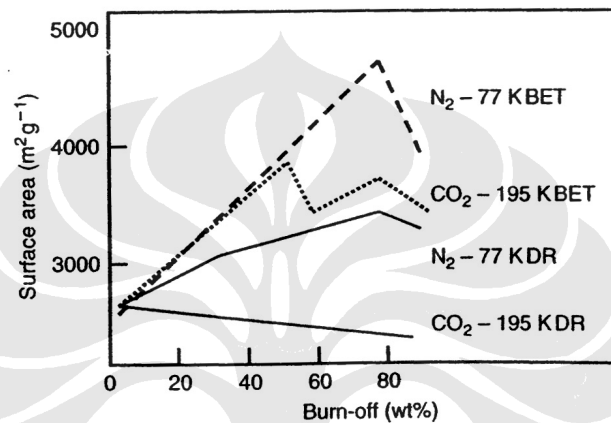
Gambar 4.17 Grafik perbandingan luas permukaan BET dengan permukaan laju adsorpsi

Grafik diatas menunjukkan bahwa, secara kualitatif pada tiap pengujian menunjukkan kecenderungan yang sama. Luas permukaan semakin besar seiring dengan besarnya *burn-off*. Akan tetapi, bila dilihat secara kuantitatif selisih perbedaan metode pengujian BET dengan pengujian laju adsorpsi menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan dengan rata-rata selisihnya (lihat tabel 4.4) yaitu 211% (1 bar), 407% (1.5 bar), 606% (2 bar).

Nilai luas permukaan karbon aktif komersial *carbotech* dari pengujian laju adsorpsi sangat diperlukan sebagai pembanding untuk nilai luas permukaan karbon aktif lainnya. Apabila nilai luas permukaan yang diperoleh untuk tiap tekanan adsorpsi sama dengan karbon aktif RU, maka nilai luas permukaan dari pengujian laju adsorpsi ini representatif.

Banyak faktor yang memberikan perbedaan pada hasil luas permukaan yang didapat. Salah satunya adalah penggunaan adsorbat dalam pengujian. Perbedaan jenis adsorbat menyebabkan ukuran molekul

secara langsung memberikan pengaruh terhadap *coverage* permukaan pori karbon aktif. Adanya *open and closed porosity* mempengaruhi kapasitas dari karbon aktif dengan metode pengujian yang berbeda (Marsh, et al., 2006). Adsorbat dengan ukuran yang lebih besar akan menghasilkan luas permukaan yang semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Akan tetapi, hal ini seharusnya tidak memberikan perbedaan yang ekstrim.



Gambar 4.18 Luas permukaan dari berbagai metode pengujian (Marsh, et al., 2006)

Gambar di atas menunjukkan bahwa untuk sampel yang sama, nilai luas permukaannya akan berbeda untuk setiap metode pengujian yang dilakukan.