

# KARBON AKTIF HASIL DEKOMPOSISI TERMAL LIMBAH KERAK CAT BESERTA KARAKTERISASINYA

Yohanes Susanto Ridwan

Departemen Kimia, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha 10 Bandung

## INTISARI

Limbah industri otomotif berupa kerak cat merupakan limbah berjumlah besar yang berpotensi mencemari lingkungan. Proses pengolahan limbah menjadi sebuah keharusan, tetapi besarnya biaya sering menjadi kendala. Alternatif solusi lain adalah dengan mengolah limbah ini menjadi produk lain yang berdaya-guna lebih tinggi. Kandungan material organik yang besar dalam kerak cat membuka peluang pengolahan limbah ini menjadi karbon aktif melalui proses dekomposisi termal dan aktivasi. Karbon aktif hasil proses dekomposisi termal kerak cat pada temperatur 310°C, baik tanpa aktivasi maupun yang diikuti aktivasi uap memberikan angka iod 104,81 mg/g dan 91,87 mg/g. Hasil ini memberikan indikasi bahwa limbah kerak cat dapat diolah dan dimanfaatkan menjadi karbon aktif, yang memberikan alternatif solusi untuk mengurangi beban pencemaran sekaligus membuka peluang pemanfaatan limbah ini menjadi produk bernilai ekonomis tinggi. Karakterisasi lain juga dengan DTA dan FTIR dilakukan untuk mendapatkan informasi tambahan tentang topografi permukaan dan gugus-gugus fungsi dari karbon aktif yang dihasilkan.

**Kata Kunci:** adsorbent, aktivasi, dekomposisi termal, karbon aktif, kerak cat

## ABSTRACT

Automotive sector which is one of the biggest industry has been producing paint sludge waste in enormous amount that could be dangerous for environment sustainability. To overcome this problem of course waste treatment approach is important, but somehow the big investment and operational cost is

often become restriction in adopting this kind of approach. Another alternative was to process the paint sludge waste onto more useful product (recycle). The large fraction of organic material in paint sludge has leaded an opportunity to recycle this waste onto activated carbon through thermal decomposition and activation process. Thermal decomposition process in 310°C without activation step has produce activated carbon which has iod number 104.81 mg/g, while the same decomposition process continue with activation step give iod number 91.87 mg/g. These results indicate that paint sludge waste could be recycle onto activated carbon which not only could reduce the environment pollution but also could give economical benefit. Another characterization also done by DTA and FTIR to get additional information about the surface topography and chemical functional groups of activated carbon produced.

**Keyword:** adsorbent, activation, thermal decomposition, activated carbon, paint sludge

## PENDAHULUAN

Industri otomotif merupakan salah satu industri yang tingkat pertumbuhannya cukup pesat, termasuk di Indonesia. Dalam proses produksinya industri ini menggunakan cat untuk melapisi produk otomotif melalui teknik penyemprotan, dimana pada proses ini hanya sebagian dari cat mengenai target sementara bagian lainnya terbuang dan ditampung sebagai limbah berupa kerak cat. Sejalan dengan produksi, keberadaan limbah kerak cat terus menumpuk dalam jumlah cukup besar dan belum termanfaatkan.



Pigmen yang merupakan sumber warna pada cat dapat bersumber dari senyawa organik dan organik. *Binder*, komponen pembentuk resin dan penentu sifat protektif dari cat pada umumnya terbuat dari senyawa-senyawa alam seperti *drying oil*, resin congo, asphalt, dan lain-lain. Jenis binder turut menentukan jenis pelarut yang digunakan, beberapa kelompok yang lazim digunakan diantaranya senyawa-senyawa hidrokarbon alifatik, alkohol, eter, keton, ester, dan lain-lain (Martens, 1968). Studi awal kandungan material organik limbah kerak cat yang menjadi obyek studi pada penelitian ini menunjukkan kadar yang cukup besar, yaitu 59,41 %. Hal ini membuka peluang pengolahan limbah ini secara sederhana menjadi karbon aktif, suatu karbon amorf alotrop karbon berdaya guna tinggi dikarenakan sifat sebagai adsorbent yang dimilikinya (Clarck, 1986). Penggunaan karbon aktif cukup luas, yaitu sebagai adsorbent senyawa beracun, berbau, atau berwarna dalam udara maupun larutan, yang aplikasinya cukup luas pada proses pengolahan air di berbagai industri. Proses pembuatan karbon melibatkan 2 tahapan utama yaitu tahap dekomposisi termal tanpa oksigen dan aktivasi, baik aktivasi uap maupun aktivasi kimia (Smisek, 1970).

Daya serap iod merupakan salah satu kriteria utama dalam mengevaluasi kualitas karbon aktif, selain kadar air dan kadar abu. Syarat mutu karbon aktif yang ditetapkan Standar Industri Indonesia (SII) menyatakan kandungan maksimal kadar air dan kadar abu sebesar 10% dan 2,5%, dan daya serap iod minimal 20% (Departemen Perindustrian, 1979).

Informasi mengenai ukuran pori maupun gugus-gugus fungsional pada permukaan penampang karbon aktif akan membantu mengoptimalkan penggunaan karbon aktif ini sebagai adsorbent.

## METODA PENELITIAN

### Analisis Kadar Material Organik

Percobaan dilakukan sebagai studi awal untuk memperoleh data perkiraan kandungan material organik dari limbah kerak cat. Percobaan dilakukan dengan metode gravimetri.

### Analisis Termal

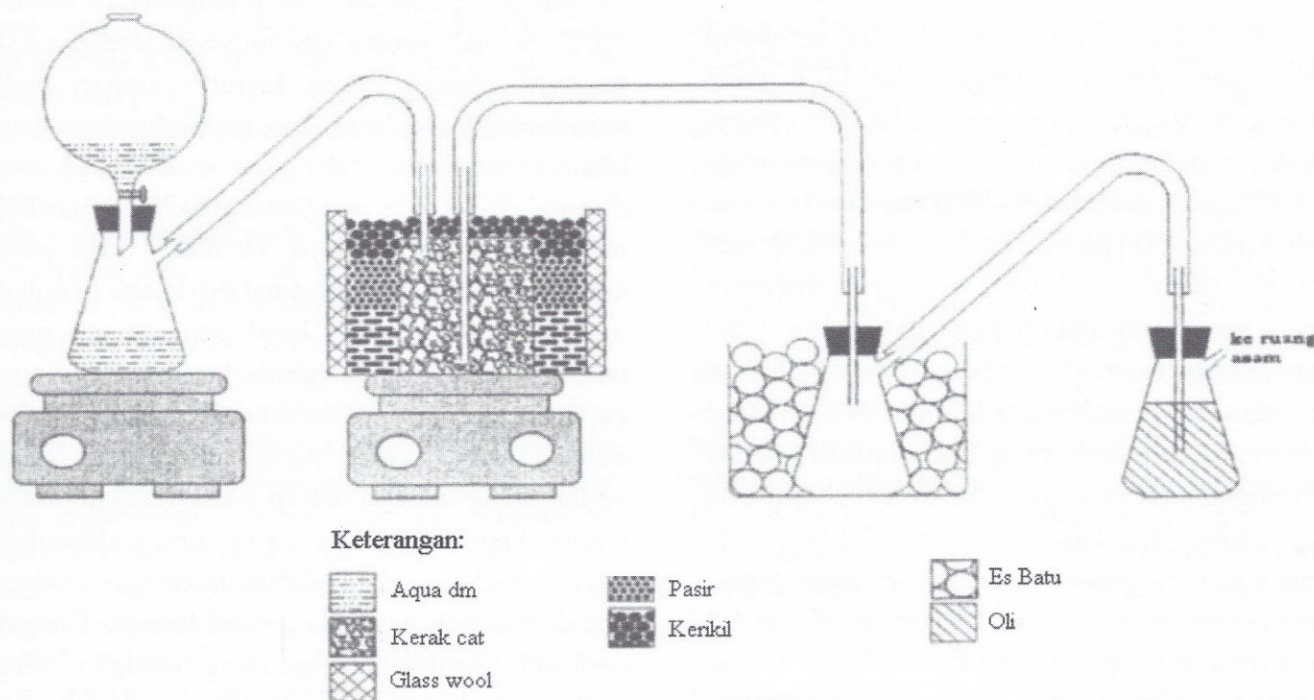
Percobaan dilakukan dengan menganalisa karakteristik termal dari sejumlah kecil sampel kerak cat menggunakan teknik Differential Thermal Analysis (DTA) pada rentang suhu 0-1000°C dengan menggunakan senyawa alumina sebagai pembanding.

### Dekomposisi termal dan aktivasi

Suatu rangkaian peralatan sederhana telah dibuat dalam penelitian ini untuk melakukan dekomposisi termal dan aktivasi uap air, sebagaimana dapat dilihat pada *Gambar 1*. Pada dekomposisi termal, sampel kerak cat yang sudah dibersihkan dan dipotong-potong dimasukkan dalam kaleng reaktor, kemudian diletakkan secara terbalik pada kaleng yang lebih besar. Bagian luar kaleng kecil kemudian ditimbun dengan sekam padi sebagai lapisan paling bawah, diikuti pasir dan kerikil di atasnya. Ini dilakukan untuk menghalangi masuknya oksigen ke bagian dalam reaktor, yaitu menggunakan penghalang berlapis dari lapisan sekam padi, pasir, dan kerikil. Pada dinding kaleng reaktor ditempelkan termokopel untuk memantau temperatur, serta bagian atasnya diberi lubang untuk membuang gas-gas hasil dekomposisi melalui pipa yang masuk ke labu erlenmeyer berpendingin es batu, dan selanjutnya bagian yang belum terembunkan mengalir ke labu erlenmeyer lain yang berisi oli untuk menangkap senyawa-senyawa dalam gas. Bagian luar dari kaleng besar diselubungi oleh glasswool yang berfungsi sebagai isolator panas. (*Gambar 1 bagian kanan*). Proses dekomposisi termal dilakukan selama 6 jam pada temperatur 310°C.



### Dekomposisi termal



**Gambar 1.** Skema peralatan dekomposisi termal dan aktivasi. Bagian gambar sebelah kanan untuk dekomposisi termal, sedangkan untuk dekomposisi termal yang melibatkan aktivasi peralatan dilengkapi dengan peralatan aktivasi (bagian kiri)

Pada proses yang melibatkan aktivasi, peralatan dilengkapi dengan unit tambahan untuk melakukan aktivasi uap. Untuk ini sejumlah aquadest dalam labu erlenmeyer dipanaskan dengan hot plate, dan uap yang dihasilkan dialirkan masuk ke dalam reaktor (Gambar 1 bagian kiri). Proses aktivasi dilakukan selama 2 jam dan dilakukan setelah proses dekomposisi termal.

### Uji keaktifan iod

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan aktifitas karbon aktif yang dihasilkan. Sejumlah sampel karbon aktif digerus, dipanaskan pada 110°C selama 1 jam, dan didinginkan dalam desikator. Sekitar 0,2 g sampel ditimbang dan dipindahkan dalam labu erlenmeyer, kemudian direndam dalam 10 mL

$I_2/KI$  0,1 M selama 1 jam sambil digoyang-goyang. Larutan kemudian didekantasi dan filtratnya dipipet sejumlah 5 mL dan dititrasi dengan  $Na_2S_2O_3$  0,1 N sampai berwarna kuning muda, ditambahkan larutan amilum dan titrasi dilanjutkan hingga tercapai titik akhir, yaitu saat terjadi perubahan warna dari biru menjadi tidak berwarna.

## Topografi permukaan karbon dan penentuan gugus fungsi

Karbon aktif hasil sintesis dikarakterisasi lebih lanjut untuk mendapatkan informasi tentang topografi permukaan dan gugus-gugus fungsi pada karbon yang masing-masing dilakukan dengan teknik Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Fourier Transform Infra Red (FTIR).



## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perilaku limbah kerak cat terhadap pemanasan dipelajari dengan alat DTA pada rentang 0 - 1000°C. Termogram DTA dari sampel kerak cat menunjukkan tidak ada puncak pada 0 - 100°C, pada daerah 100 - 500°C terdapat puncak positif (eksoterm) pada 241,17; 307,96; 368,90; dan 442,68°C. Di atas 500°C kurva termogram menurun secara linear. Dari data percobaan tersebut dapat diprediksi bahwa pada temperatur 0 - 100°C belum terjadi reaksi, sementara pada 100 - 500°C terdapat 5 puncak eksoterm yang menunjukkan besar kemungkinan terjadinya reaksi-reaksi pemutusan ikatan (dekomposisi), pelepasan volatile matter, pembentukan pelat-pelat karbon heksagonal, serta penyusunan struktur karbon amorf terjadi pada rentang temperatur ini. Di atas 500°C bentuk kurva termogram semakin menurun dengan kemiringan relatif tetap menunjukkan bahwa proses karbonisasi telah berjalan lengkap pada temperatur sekitar 500°C.

Informasi analisis termal tersebut menjadi dasar percobaan pembuatan karbon aktif dari limbah kerak cat. Percobaan pembuatan karbon aktif dilakukan dengan 2 variasi yaitu: (1) melibatkan hanya proses dekomposisi termal atau untuk selanjutnya disebut Karbonisasi Tanpa Aktivasi (KTA) dan (2) melibatkan proses dekomposisi termal dan aktivasi uap atau untuk selanjutnya disebut Karbonisasi Dengan Aktivasi (KDA). Rangkaian peralatan telah didesain sedemikian rupa sehingga proses dekomposisi termal dapat berlangsung tanpa adanya oksigen sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 1. Untuk tujuan aktivasi peralatan ditambah dengan unit untuk memasukkan uap air ke dalam reaktor dekomposisi termal (Gambar 1 bagian kiri). Proses dekomposisi termal dikarenakan keterbatasan peralatan hanya dilakukan sampai temperatur maksimum 310°C.

Dari pemantauan temperatur sepanjang percobaan dekomposisi termal yang dilakukan

teramati bahwa temperatur maksimal yang dapat dicapai alat pemanas (hot plate) adalah sekitar 310°C. Setelah proses dekomposisi termal tidak teramati adanya warna keputih-putihan pada karbon aktif yang dihasilkan, melainkan berwarna hitam seluruhnya. Sedangkan sekam padi yang digunakan sebagai penghalang oksigen berubah menjadi berwarna hitam. Demikian juga pada aktivasi temperatur maksimal tidak jauh beranjak di sekitar 300°C. Dari hasil pengamatan yang menunjukkan warna hitam tanpa ada warna keputih-putihan, dapat disimpulkan bahwa reaksi dekomposisi termal yang diharapkan telah berlangsung dengan cukup baik. Tidak teramati warna keputih-putihan yang mengindikasikan telah terjadi oksidasi akibat bocornya oksigen masuk ke reaktor dekomposisi termal. Dengan demikian lapisan penghalang oksigen yang terbuat dari sekam padi, pasir, dan kerikil disimpulkan telah bekerja dengan efektif.

Penentuan keaktifan karbon dengan uji keaktifan iod dilakukan terhadap karbon aktif hasil dekomposisi termal, dekomposisi termal dan aktivasi, dan karbon aktif komersial yang digunakan sebagai pembanding (Tabel 1).

**Tabel 1.** Hasil uji keaktifan iod dari karbon aktif hasil sintesis dan karbon aktif komersial

| Karbon Aktif | Karbon Iod (mg/g) |
|--------------|-------------------|
| KTA          | 104,76            |
| KDA          | 91,85             |
| KK           | 613,65            |

**Keterangan :**

KTA adalah karbon aktif hasil sintesis hanya dengan dekomposisi termal, sedang

KDA melibatkan dekomposisi termal dan aktivasi, dan KK untuk karbon komersial.



Keaktifan karbon aktif KTA dan KDA ditentukan dengan uji keaktifan iod. Diperoleh hasil angka iod sebesar 10,48% untuk KTA dan 9,19% untuk KDA. Daya serap iod ini masih lebih rendah dari persyaratan SII sebesar 20%. Selain itu bila dibandingkan terhadap karbon aktif komersial yang digunakan sebagai pembanding, angka iod yang dihasilkan masih jauh lebih kecil (sekitar 1/6 kali), seperti terlihat pada *Tabel 1*. Diduga bahwa temperatur dekomposisi yang maksimal hanya mencapai 310°C menyebabkan tidak semua reaksi sebagaimana ditunjukkan pada studi analisis termal dapat terjadi, sehingga proses pembentukan karbon aktif tidak maksimal. Faktor tersebut diduga menjadi penyebab keaktifan karbon yang dihasilkan masih di bawah standar SII. Pada proses yang melibatkan aktivasi, uap air diharapkan mengikis permukaan karbon aktif dan membuatnya memiliki ukuran pori yang lebih luas, namun temperatur yang rendah kembali diduga menjadi penyebab tidak optimalnya proses ini. Rendahnya temperatur menimbulkan kemungkinan bahwa uap air melarutkan dan mengerosi sebagian residu-residu pada permukaan karbon aktif, namun karena rendahnya temperatur tidak menguap keluar, melainkan justru menutupi pori yang sudah terbentuk sebelumnya.

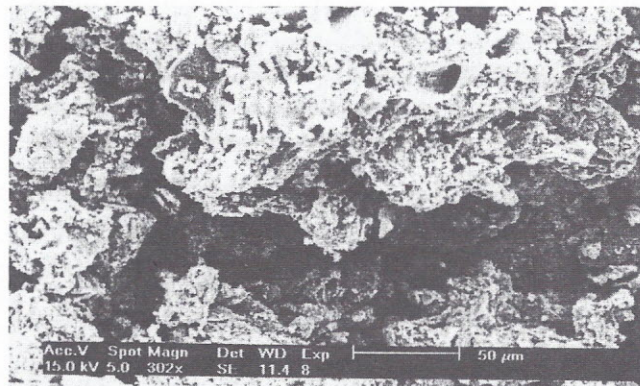
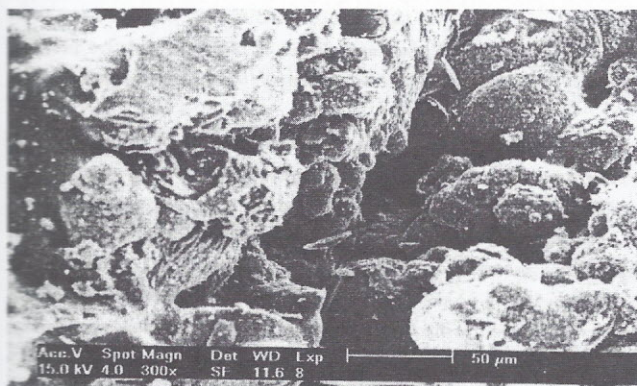
Karakterisasi dengan SEM dari permukaan karbon aktif hasil sintesis menunjukkan hasil yang berpori, seperti terlihat pada *Gambar 2*.

Analisis topografi permukaan karbon aktif dengan alat SEM Philips XL-20 menunjukkan bahwa karbon aktif KDA memiliki lebih banyak pori dari karbon aktif KTA, yang menunjukkan pengaruh dari proses aktivasi. Namun demikian rendahnya temperatur percobaan menyebabkan ukuran pori yang terbentuk kurang besar sehingga

keaktifannya terbatas pada adsorbat dengan ukuran partikel lebih kecil dari ukuran pori. Hal ini kiranya dapat menjelaskan fenomena angka keaktifan iod karbon aktif KDA yang lebih kecil dari KTA, yaitu karena ukuran pori karbon aktif KDA lebih kecil dari diameter pori minimum untuk penyerapan iod, yaitu 10 Å (*Hassler, 1963*). Informasi lain yang diperoleh dari SEM adalah kandungan unsur-unsur yang terdapat pada permukaan karbon aktif, yaitu O, Na, Mg, Al, Si, S, Ca, Ti, Cr, dan Fe, namun sayangnya tanpa disertai data kelimpahannya. Akan sangat membantu jika data kelimpahan unsur-unsur pada permukaan ini diperoleh juga untuk mengevaluasi kemungkinan telah jenuhnya karbon aktif yang dihasilkan sehingga menyebabkan keaktifannya berkurang. Hal ini tentu dapat digunakan sebagai petunjuk untuk menyempurnakan proses dekomposisi agar menghasilkan karbon yang memiliki keaktifan lebih tinggi.

Penentuan gugus fungsi dari karbon aktif KDA dengan FTIR memberikan 5 puncak serapan yang teramati seperti terlihat pada *Gambar 3*. Pengukuran pada karbon aktif KTA memberikan puncak-puncak serapan teramati yang serupa dengan KDA.

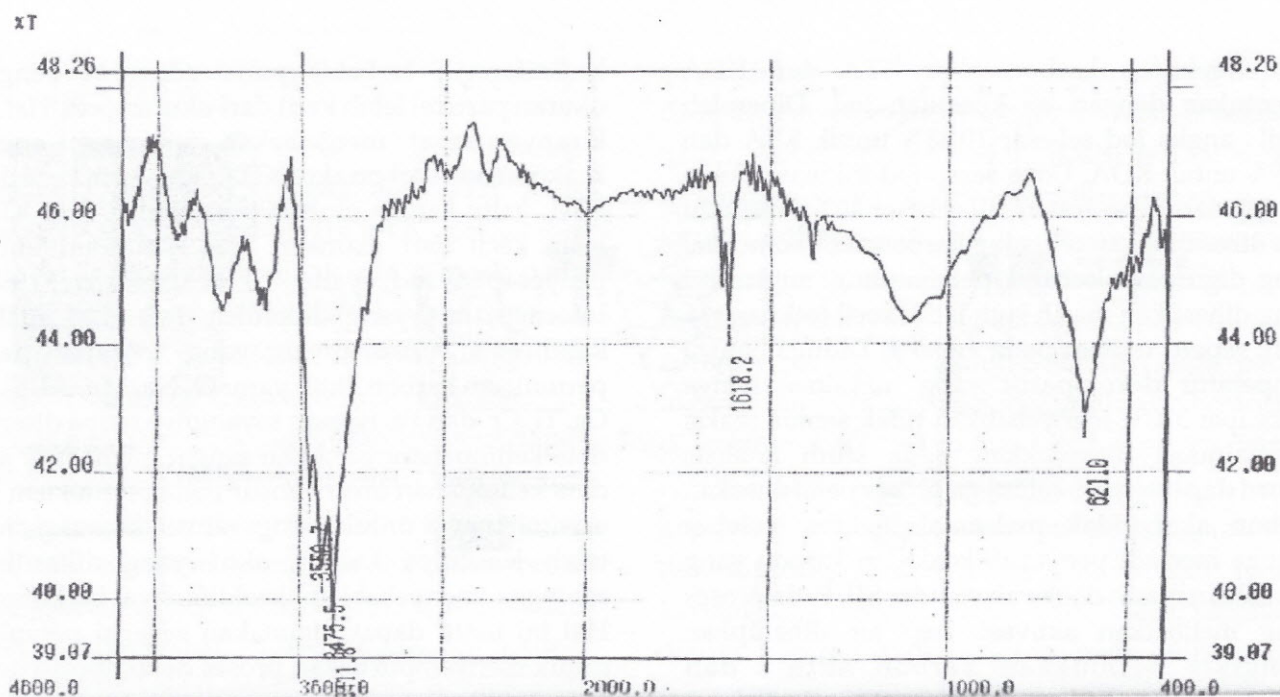
Karakterisasi gugus-gugus fungsi yang terkandung dalam karbon aktif dengan alat FTIR Shimadzu 4300 menunjukkan adanya gugus -OH (puncak serapan 3411,8 cm<sup>-1</sup>), gugus amina primer -NH<sub>2</sub> (3475,5 dan 3550,7 cm<sup>-1</sup>), dan gugus metil alifatik (1100, 2000, 3000 cm<sup>-1</sup>). Informasi ini memberikan indikasi bahwa karbon aktif cenderung bersifat polar, dan karenanya akan lebih efektif sebagai penyerap dari adsorbat yang bersifat polar (*Muller, 1996*).



**Gambar 2.** Topografi permukaan karbon hasil sintesis.

Gambar kiri adalah permukaan karbon KTA dan bagian kanan adalah KDA





**Gambar 3.** Spektrum serapan infra merah dari karbon aktif KDA dan KTA  
Puncak-puncak serapan teramati pada bilangan gelombang 3475,5 ; 3550,7 ; 1618,2 ; 621,0  $\text{cm}^{-1}$

### KESIMPULAN

Hasil penelitian ini memberikan indikasi bahwa limbah kerak cat dapat diolah dan dimanfaatkan menjadi karbon aktif, yang merupakan alternatif solusi untuk mengurangi beban pencemaran sekaligus membuka peluang pemanfaatan limbah ini menjadi produk bernilai ekonomis tinggi. Penyempurnaan desain peralatan, temperatur dekomposisi dan aktivasi kiranya patut dicoba untuk mendapatkan karbon aktif dengan keaktifan yang memenuhi standar SII.

Informasi mengenai ukuran pori, unsur-unsur pada permukaan, serta gugus-fungsi dari karbon aktif kiranya dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan penggunaan karbon aktif baik sebagai adsorbent yang spesifik untuk adsorbat tertentu (berdasarkan ukuran dan kepolaran adsorbat target), atau sebagai informasi awal untuk mengkaji kemungkinannya sebagai material penopang katalis.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterimakasih kepada Dr. Bambang Ariwahjoedi untuk data DTA dan terutama untuk bimbingan penelitian yang

diberikan, Dr. Aminudin Sulaeman untuk data FTIR, serta Dr. Adhitianto Ramelan untuk data SEM, serta Laboratorium Tugas Akhir Jurusan Kimia - FMIPA ITB atas fasilitas yang diberikan sehingga dapat terlaksananya kegiatan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Clark, G.L., *The Encyclopedia of Chemistry*, 2<sup>nd</sup> ed, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1986, p 221 - 225.
2. Departemen Perindustrian, Standar Industri Indonesia, Standar Cara-Cara Analisis dan Syarat Mutu Barang, Departemen Perindustrian, 1979, h. 98
3. Hassler, L.W., *Activated Carbon*, 1<sup>st</sup> ed, Chemical Publishing Company Inc., New York, 1963, p 101 - 104
4. Martens, C.R., *Technology of paints, Varnishes, and Lacquers*, 1<sup>st</sup> ed, Reinhold Company, New York, 1968, p 125 - 225
5. Muller, E.A., Rull, L.F., Vega, L.F., Gubbins, K.E., *J.Phys. Chem.*, 1996, 100(4), p 1189 - 1196
6. Smisek, M. and Cerny, S., *Active Carbon, Manufacture Properties and Applications*, 2<sup>nd</sup> ed, Elsevier Publishing Comp, New York, 1970, p 63 - 65