

## PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG KELAPA SAWIT DENGAN METODE AKTIVASI KIMIA

Singgih Hartanto dan Ratnawati

Program Studi Teknik Kimia, FTI-ITI

Jl Raya Puspiptek Serpong 15320, Tangerang

Email: otomotif\_iti@yahoo.com

### ABSTRAK

**PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG KELAPA SAWIT DENGAN METODE AKTIVASI KIMIA.** Berlimpahnya tempurung kelapa sawit sebagai hasil samping dari industri minyak sawit mendorong keinginan untuk meningkatkan nilai ekonomi bahan tersebut yang selama ini hanya digunakan sebagai bahan bakar. Salah satu upaya yang dilakukan adalah pemrosesan tempurung kelapa sawit menjadi karbon aktif. Bahan karbon aktif ini banyak digunakan dalam industri khususnya di bidang perminyakan, pengolahan air, industri gas, makanan dan minuman, obat-obatan dan industri kimia. Penelitian ini bertujuan untuk membuat karbon aktif dari tempurung kelapa melalui proses karbonisasi dan aktivasi secara kimia. Proses karbonisasi dilakukan pada suhu 300 °C, 450 °C dan 500 °C dengan waktu 1 jam, 1,5 jam, 2,0 jam, 2,5 jam dan 3 jam. Sedangkan proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan aktivator NaOH, NaCl, dan HCl dengan konsentrasi 2 % dan aktivasi selama 1 jam, 2 jam dan 4 jam pada 500 °C. Proses karbonisasi menunjukkan hasil terbaik pada suhu 500 °C dan waktu 3 jam dengan kadar air 18 %, rendemen 23 %, zat yang mudah menguap 3 % dan kadar karbon terikat 61 %. Aktivasi dengan NaOH selama 4 jam menunjukkan hasil terbaik dengan kadar air arang aktif 3,6 % dan daya serap I<sub>2</sub> 851,8797 mg/g. Hasil *Scanning Electron Microscope (SEM)* menunjukkan bahwa sebelum aktivasi pori yang terbentuk masih tertutup oleh pengotor-pengotor dan setelah aktivasi pori tersebut lebih terbuka sehingga luas permukaan adsorpsi menjadi lebih besar.

**Kata kunci :** Tempurung kelapa sawit, Karbon aktif, Aktivasi kimia, Karbonisasi

### ABSTRACT

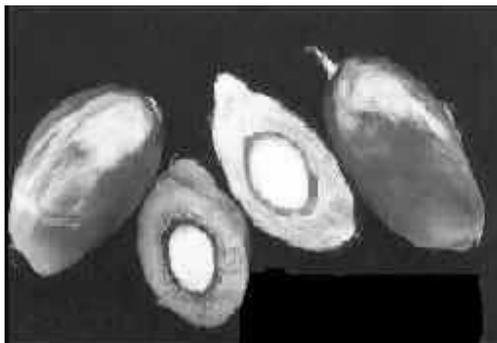
**SYNTHESIS OF ACTIVATED CARBON FROM PALM OIL SHELL BY CHEMICAL ACTIVATION METHOD.** An abundance of palm oil shell as a byproduct of the palm oil industry encourages the desire to increase the economic value of such materials that have been used as fuel only and is not used optimally. This material could be developed as activated carbon that can be used in many industries particularly in the field of petroleum, water treatment, gas industry, food and beverages, pharmaceuticals, and chemical industries. Thus, the need for these materials will continue to rise. The aim of this study is to obtain activated carbon by chemical activation method through the process of carbonization and activation stages. The carbonization process was carried out at a temperature of 300 °C, 450 °C and 500 °C for duration of 1, 1.5, 2.0, 2.5 and 3 hours. While the chemical activation process is done by using the activator of NaOH, NaCl, and HCl with a concentration of 2 % and duration of activation is 1, 2, and 4 hours. Carbonization process showed the best results at 500 °C and 3 hours process giving carbon with water content of 18%, yield of 23%, a volatile substance 3% and levels of fixed carbon 61%. Chemical activation by NaOH for 4 hours showed the best results with activated charcoal water content 3.6 % and adsorptive capacity of I<sub>2</sub> 851.8797 mg/g. Scanning Electron Microscope (SEM) results show that before activation pores formed are still closed by the impurities and after the activation, these pores are more open so that the adsorption surface area becomes larger.

**Key words :** Palm oil shell, Activated carbon, Carbonization, Chemical activation

### PENDAHULUAN

Meningkatnya luas areal perkebunan kelapa sawit mengakibatkan banyak pabrik pengolahan minyak sawit yang akan menghasilkan produk samping atau limbah yang belum termanfaatkan secara maksimal berupa TKKS (tandan kosong kelapa sawit) dan tempurung kelapa sawit yang selama ini hanya

digunakan sebagai bahan bakar sehingga perlu ditingkatkan nilai ekonominya dengan mengubah menjadi karbon aktif, yang kebutuhannya semakin meningkat [1]. Karbon aktif dapat digunakan sebagai penghilang warna dan bau pada industri minuman, penyulingan minyak, pembersih warna dan bau pada



Gambar 1. Penampang Buah Kelapa Sawit

pengolahan air, penghilangan zat warna pada industri gula, pengambilan kembali pelarut, penghilangan sulfur, gas beracun dan bau busuk gas pada pemurnian gas, serta sebagai katalisator [2].

Secara garis besar kelapa sawit (*Elleis Guinensis*) mengandung sekitar 67 % daging buah kelapa sawit (brondolan), 23% janjangan kosong (tandan), dan 10 % air [3]. Buah kelapa sawit terdiri dari tiga lapisan: *Eksoskarp* yaitu bagian kulit buah berwarna kemerahan dan licin, *Mesoskarp* yaitu serabut buah dan *Endoskarp* yaitu tempurung pelindung inti.

Cangkang ini mengandung kadar air 7,8 %, kadar abu 2,2 %, zat mudah menguap 69,5 % dan kadar karbon 20,5 % [4]. Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85 % hingga 95 % karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi tanpa oksigen (pirolisis). Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan ini dapat menjadi lebih tinggi jika arang tersebut dilakukan aktivasi [3].

Karbon aktif merupakan karbon amorf dari pelat-pelat datar disusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya yang luas permukaan berkisar antara 300 m<sup>2</sup>/g hingga 3500 m<sup>2</sup>/g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal sehingga mempunyai sifat sebagai adsorben [3]. Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi.

Pada umumnya karbon aktif dapat di aktivasi dengan 2 cara, yaitu dengan cara aktivasi kimia dengan hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya ZnCl<sub>2</sub>, asam-asam anorganik seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> [4], dan aktivasi fisika yang merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas pada suhu 800 °C hingga 900 °C [5]. Faktor faktor

yang berpengaruh terhadap proses aktivasi adalah waktu aktivasi, suhu aktivasi, ukuran partikel, rasio aktivator dan jenis aktivator yang dalam hal ini akan mempengaruhi daya serap arang aktif [5].

Tujuan penelitian ini adalah membuat karbon aktif dengan proses aktivasi kimia dan mencari kondisi optimum untuk mendapatkan arang aktif yang sesuai dengan standar SNI No. 06-3730-1995 [6]. Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi permasalahan melimpahnya limbah pabrik kelapa sawit agar mempunyai nilai ekonomis yang lebih tinggi.

## METODE PERCOBAAN

Percobaan ini dilaksanakan melalui tiga tahap proses yaitu tahap persiapan, tahap karbonisasi, dan tahap aktivasi.

Tahap persiapan dilakukan dengan pembersihan tempurung dari serabut dan sisa daging buah yang menempel di tempurung, dipanaskan di dalam oven pada suhu 110 °C selama satu jam.

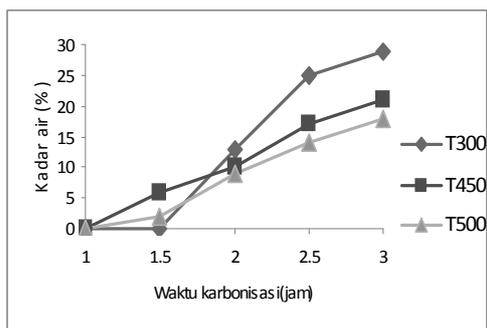
Tahap karbonisasi dilakukan dengan memasukkan sejumlah tempurung dalam alat *furnace* pada suhu 300 °C, 450 °C dan 500 °C, dengan waktu karbonisasi selama 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam. Arang ini kemudian didinginkan di dalam desikator yang kemudian dihitung kadar air, rendemen arang, zat yang mudah menguap dan kadar karbonnya. Penentuan kadar air dengan menimbang satu gram arang yang dipanaskan pada 105 °C selama 1 jam. Penentuan zat yang mudah menguap dan kadar karbon dilakukan dengan menimbang satu gram arang yang dipanaskan pada 800 °C selama 15 menit dan didinginkan dalam desikator. Penentuan kadar air, kadar karbon, dan zat mudah menguap sesuai dengan prosedur pada standar SNI No. 06-3730-1995 [6].

Tahap aktivasi dilakukan dengan menggiling arang sampai ukuran antara 355 μm dan 710 μm, direndam dalam aktivator kimia (NaCl, NaOH, dan HCl) dengan konsentrasi 2 % selama variasi waktu 1 jam, 2 jam dan 4 jam, dan arang ini dipisahkan dari larutan aktivator dengan cara disaring kemudian dikeringkan dengan pemanasan pada suhu 350 °C selama satu jam. Karbon aktif yang diperoleh kemudian diuji kadar air dan daya serap I<sub>2</sub>. Untuk mengetahui pori yang terbentuk, permukaan karbon diamati dengan *Scanning Electron Microscope (SEM)*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proses Karbonisasi

Pada karbonisasi terjadi proses penguapan air dan penguraian dari komponen yang terdapat di dalam tempurung yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Proses penguraian hemiselulosa berlangsung pada suhu 200 °C hingga 250 °C ditandai dengan keluarnya



Gambar 2. Pengaruh waktu karbonisasi pada suhu 300 °C, 450 °C dan 500 °C terhadap kadar air arang.

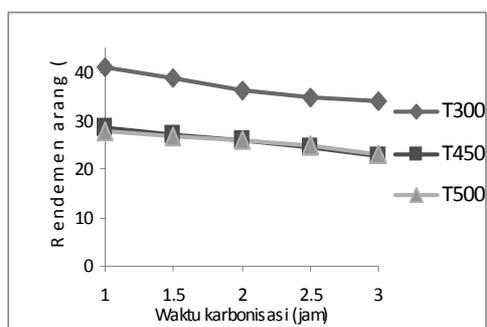
asap tipis berwarna putih dari cerobong *furnace*. Proses penguraian selulosa dimulai pada suhu 280 °C dan berakhir pada suhu antara 300 °C hingga 350 °C. Tahap ini ditandai dengan keluarnya asap yang lebih tebal dan berwarna lebih gelap, hitam kecoklatan. Proses penguraian lignin dimulai pada suhu antara 300 °C hingga 350 °C dan berakhir pada suhu antara 400 °C hingga 450 °C, pada proses ini warna asap yang dihasilkan kembali putih dan tipis, dan lama kelamaan hilang [7].

### Kadar Air

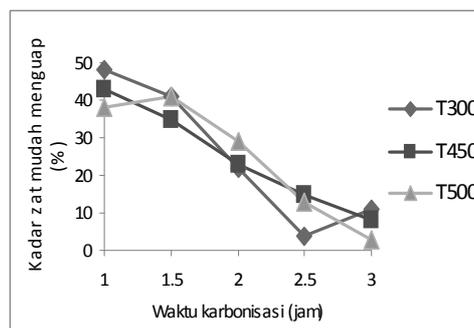
Dari Gambar 2 terlihat bahwa kadar air semakin menurun dengan suhu yang semakin tinggi karena semakin tinggi suhu jumlah air yang menguap juga semakin besar. Semakin lama proses karbonisasi mestinya semakin kecil kadar airnya, namun dalam hal ini yang terjadi sebaliknya. Hal karena pada proses karbonisasi yang semakin lama maka pori-pori dari arang akan makin terbuka, sehingga pada saat pemindahan arang dari *furnace* ke alat penimbangan untuk menentukan kadar air, terjadi kontak langsung antara arang yang bersifat higroskopis dengan udara sehingga arang banyak menyerap uap air.

### Rendemen Arang

Dari Gambar 3 terlihat bahwa semakin lama waktu dan semakin tinggi suhu karbonisasi maka jumlah arang



Gambar 3. Pengaruh waktu karbonisasi pada suhu 300 °C, 450 °C dan 500 °C terhadap rendemen arang



Gambar 4. Pengaruh waktu karbonisasi pada suhu 300 °C, 450 °C dan 500 °C terhadap zat yang mudah menguap

yang dihasilkan semakin sedikit karena pada suhu yang lebih tinggi makin banyak zat-zat yang teruapkan selain karbon sehingga yang tersisa hanya karbon dengan kemurnian yang lebih tinggi.

### Kadar Zat yang Mudah Menguap

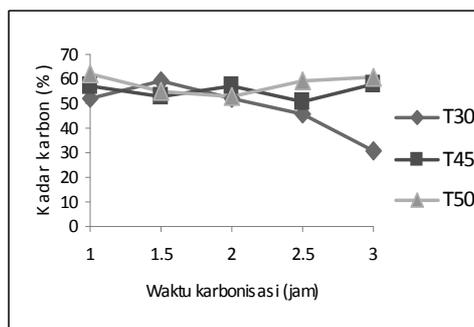
Dari Gambar 4 terlihat bahwa jika karbonisasi dilakukan pada suhu rendah dan waktu yang digunakan singkat maka kadar zat mudah menguap semakin meningkat dan sebaliknya.

### Kadar Karbon Terikat

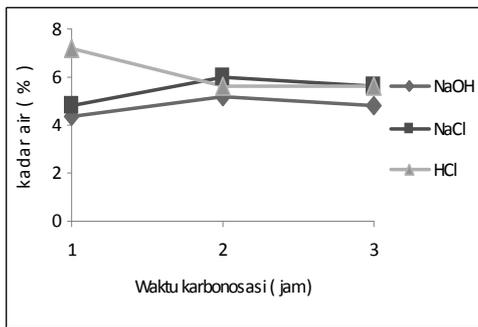
Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar air, rendemen dan zat yang mudah menguap seperti terlihat pada Gambar 5. Semakin kecil kadar air maka karbon terikat semakin banyak. Kadar karbon terikat merupakan jumlah karbon murni yang terkandung di dalam arang. Suhu yang semakin tinggi pada proses karbonisasi sangat berpengaruh pada kualitas dari arang, termasuk karbon terikat.

Pada suhu operasi 280 °C hingga 500 °C, terjadi karbonisasi selulosa, penguraian lignin, dan menghasilkan tar [7]. Arang yang terbentuk berwarna hitam serta kandungan karbonnya meningkat menjadi 80 %. Pada percobaan ini kadar karbon yang dihasilkan adalah 61% di bawah nilai SNI yaitu 65 % [6].

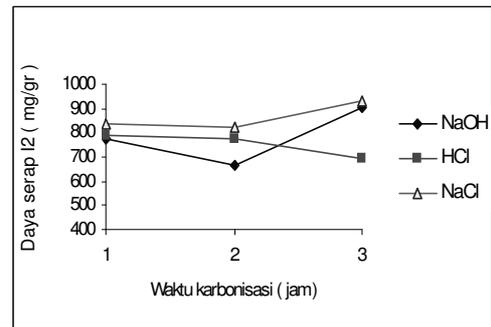
Dari hasil yang diperoleh, secara umum suhu dan waktu karbonisasi yang baik untuk menghasilkan arang dengan karakteristik yang terbaik adalah pada



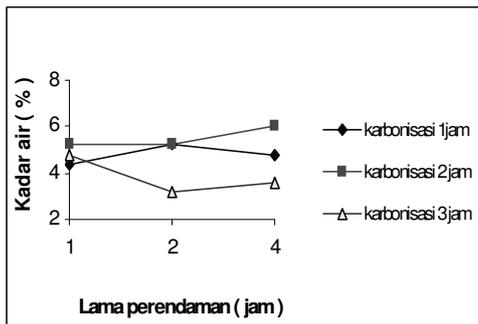
Gambar 5. Pengaruh waktu karbonisasi pada suhu 300 °C, 450 °C dan 500 °C terhadap kadar karbon terikat



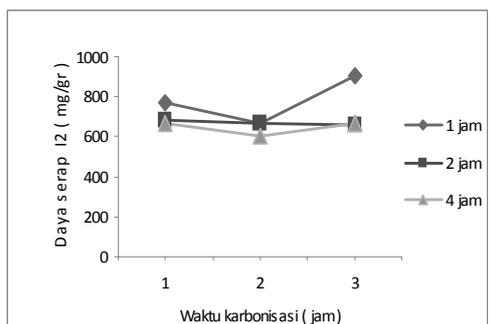
Gambar 6. Pengaruh jenis aktivator terhadap kadar air pada karbonisasi 500 °C, perendaman 1 jam



Gambar 8. Pengaruh jenis aktivator terhadap daya serap I<sub>2</sub> pada suhu karbonisasi 500 °C dan waktu aktivasi 1 jam



Gambar 7. Pengaruh lama perendaman terhadap kadar air karbon aktif pada suhu karbonisasi 500 °C dan aktivator NaOH



Gambar 9. Pengaruh waktu aktivasi terhadap daya serap I<sub>2</sub> pada karbonisasi 500 °C, dengan aktivator NaOH.

suhu 500 °C selama 3 jam, dengan hasil kadar air 18 %, rendemen 23 %, zat yang mudah menguap 3 % dan kadar karbon terikat 61 %. Selanjutnya proses aktivasi arang akan dilakukan dengan menggunakan suhu karbonisasi 500 °C.

## Proses Aktivasi

Proses perendaman di dalam bahan pengaktif dilakukan untuk mengurangi kadar tar, sehingga pori-pori yang terdapat pada permukaan karbon menjadi semakin besar dan banyak [2]. Aktivator yang digunakan adalah NaOH, HCl dan NaCl, masing-masing bersifat basa, asam dan garam.

## Kadar Air

Hasil kadar air terendah adalah dengan menggunakan aktivator NaOH seperti terlihat pada Gambar 6.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa dengan aktivator NaOH menunjukkan hasil kadar air yang lebih kecil jika dibandingkan aktivator lainnya. Hal ini disebabkan karena NaOH bersifat basa sehingga sesuai dengan kondisi dan karakteristik zat yang terkandung di dalam arang sebelum aktivasi. Pengaruh lama peredaman terhadap kadar air bisa dilihat pada Gambar 7. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin lama peredaman karbon dalam zat aktivator, kadar airnya relatif semakin turun sehingga kualitas

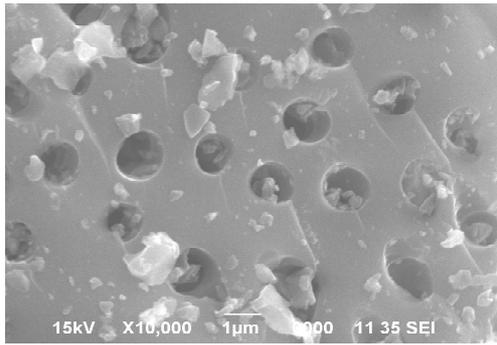
karbon aktif menjadi lebih baik. Pada perendaman 4 jam, ada kenaikan kadar air yang kecil dan ini mungkin dikarenakan arang aktif menyerap air dari udara pada saat analisis kadar air.

## Daya Serap Terhadap Larutan I<sub>2</sub>

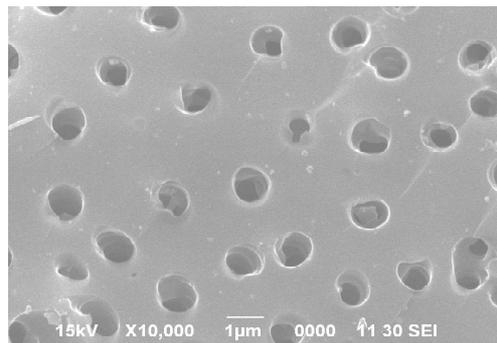
Daya adsorpsi sangat bergantung pada karakteristik karbon aktif seperti kadar karbon terikat, kadar abu, kadar air, luas permukaan dan rendemennya. Faktor utama yang sangat berpengaruh terhadap daya adsorpsi tersebut adalah luas permukaan karbon aktif karena mekanisme adsorpsi berkaitan dengan jumlah pori-porinya.

Pada suhu karbonisasi 500 °C kemampuan daya serap terhadap larutan I<sub>2</sub> terbaik pada waktu aktivasi 4 jam. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut daya serapnya paling tinggi seperti terlihat pada Gambar 8. Pada keadaan karbonisasi 3 jam dan aktivator NaOH serta NaCl juga diperoleh daya serap terhadap *iodine* yang telah memenuhi standar dari arang aktif yaitu lebih besar 750 mg/g. Setiap aktivator mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam mengaktivasi arang.

Pada Gambar 9 terlihat bahwa pada suhu karbonisasi 500 °C, arang aktif yang memiliki luas permukaan yang paling besar adalah pada waktu aktivasi 4 jam. Semakin lama waktu aktivasi, seharusnya semakin banyak pori yang terbentuk sehingga daya serap I<sub>2</sub> semakin besar pula. Akan tetapi daya serap tersebut akan mencapai maksimal dan



Gambar 10. SEM Karbon dengan suhu karbonisasi 500 °C dan waktu 3 jam.



Gambar 11. SEM Karbon Aktif dengan aktivator NaOH, waktu aktivasi 4 jam

Tabel 1. Perbandingan mutu arang aktif teknis hasil penelitian terhadap syarat mutu berdasarkan SNI No. 06-3730-1995

No	Uraian	Satuan	Persyaratan SNI [6]	Hasil Penelitian
1	Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	Maks 15	23
2	Air	%	Maks 4,4	3,6 %
3	Daya serap I <sub>2</sub>	mg/g	Min 750	851.8797
4	Karbon aktif murni	%	Min 80	61

harganya akan relatif konstan dengan bertambahnya waktu aktivasi karena pembentukan pori sudah maksimal. Dari hasil-hasil yang didapatkan, jenis aktivator dan lama aktivasi mempengaruhi mutu arang aktif yang dihasilkan. Pada percobaan ini, karakteristik arang aktif yang terbaik adalah dengan aktivator NaOH dengan waktu aktivasi 4 jam, dengan hasil kadar air arang aktif 3,6 % dan daya serap I<sub>2</sub> 851,8797 mg/g. Arang aktif yang diperoleh dalam penelitian ini memenuhi syarat mutu pada SNI No. 06-3730-1995, seperti terlihat dalam Tabel 1.

### Morfologi Permukaan Karbon Aktif

Pengukuran daya adsorpsi terhadap larutan I<sub>2</sub> dengan aktivator NaOH menunjukkan hasil yang terbaik. Sebagai data pendukung dapat dilihat dari perbedaan morfologi permukaan karbon dengan menggunakan

*Spectroscopy Electron Microscope (SEM)* sebelum dan sesudah aktivasi. Dari hasil SEM terlihat sebelum diaktivasi, tampak masih banyak pengotor yang menutupi permukaan pori-pori karbon (Gambar 9) dibandingkan dengan setelah aktivasi (Gambar 10). tampak permukaan pori-pori karbon menjadi lebih terbuka.

### KESIMPULAN

Dari hasil percobaan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara umum suhu dan waktu karbonisasi yang baik untuk menghasilkan arang dengan karakteristik yang terbaik adalah pada suhu 500°C selama 3 jam, dengan hasil kadar air 18 %, rendemen 23 %, zat yang mudah menguap 3 % dan kadar karbon terikat 61 %.
2. Secara umum jenis aktivator dan waktu karbonisasi yang baik untuk menghasilkan arang aktif dengan karakteristik yang terbaik adalah dengan aktivator NaOH selama 4 jam, dengan hasil kadar air arang aktif 3,6 %, daya serap I<sub>2</sub> 851,8797 mg/g dan hasil ini sesuai dengan SNI.
3. Hasil SEM menunjukkan bahwa sebelum aktivasi pori yang terbentuk masih tertutup oleh pengotor dan setelah aktivasi pori tersebut lebih terbuka sehingga luas permukaan adsorpsi menjadi lebih besar

### DAFTAR ACUAN

- [1]. J. PRANANTA, *Pemanfaatan Sabut Dan Tempurung Kelapa Serta Cangkang Sawit Untuk Pembuatan Asap Cair Sebagai Pengawet Makanan Alami*, Universitas Malikulsaleh, Lhokseumawe, (2008)
- [2]. I. SUBADRA, BAMBANG SETIAJI dan IQMAL TAHIR, *Activated Carbon Production From Coconut Shell With (NH<sub>4</sub>)HCO<sub>3</sub> Activator As An Adsorbent in Virgin Coconut Oil Purification*, Physical Chemistry Laboratory, Departement Of Chemistry, Gajah Mada University Yogyakarta, (2005)
- [3]. MEILITA TARYANA, *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*, *Skripsi Jurusan Teknik Industri, FT-USU*, (2002)
- [4]. S.C. KIM, I.K. HONG, I.S. CHOI and C.H. KIM, *Journal of Ind. and Eng. Chemistry*, **2** (2) (1996) 116-121
- [5]. M. TAWALBEH, *Journal of Applied Science*, **5**(3)(2005)482-487
- [6]. SNI 06-3730-1995, *Arang Aktif Teknis*, BSN
- [7]. J.P.GIRRARD, *Technology of Meat and Meat Production*, Ellis Horwood, New York (1992)