



**PREPARASI *POROUS CARBON* DARI MOLASE DAN APLIKASINYA  
DALAM PENURUNAN EFEK *BROWNING* SARI BUAH APEL**

Tugas Akhir II

Disajikan sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia

oleh

**RISKA MELANTI**

**4350406507**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2013**

## **PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Tugas akhir II dengan judul “Preparasi *Porous Carbon* Dari Molase Dan Aplikasinya Dalam Penurunan Efek *Browning* Sari Buah Apel” telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Tugas Akhir II Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Agustus 2013

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Latifah, M.Si

NIP.19610171991022001

Drs. Warlan Sugiyo, M.Si

NIP. 194703071973041001

## PENGESAHAN

Tugas Akhir II yang berjudul

Preparasi *Porous Carbon* Dari Molase Dan Aplikasinya Dalam Penurunan  
Efek *Browning* Sari Buah Apel

Disusun oleh

Nama : Riska Melanti

NIM : 4350406507

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Tugas Akhir FMIPA  
Universitas Negeri Semarang pada tanggal 23 Agustus 2013.

Panitia:

Ketua

Sekretaris

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si

NIP. 19631012198803

Dra. Woro Sumarni, M.Si

NIP. 196507231993032001

Ketua Penguji

Dra. Woro Sumarni, M.Si

NIP. 196507231993032001

Anggota Penguji/  
Pembimbing Utama

Anggota Penguji/  
Pembimbing Pendamping

Dra. Latifah, M.Si

NIP. 19610171991022001

Drs. Warlan Sugiyo, M.Si

NIP. 194703071973041001

## **PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini bebas plagiat, dan apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang,

Riska Melanti  
NIM 4350406507

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

*“ Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu ”*

*(QS Al Baqarah : 153)*

*“ Sesungguhnya, setelah kesulitan, ada kemudahan ”*

*(QS Al Insyirah : 6)*

*“ Hanya kepada Allah aku menyembah dan memohon pertolongan ”*

*(QS Al Fatihah : 5)*

### PERSEMBAHAN

*Karya ini kujadikan sebagai*

- ❖ Sebagai wujud rasa syukur kepada Allah SWT.*
- ❖ Sebagai rasa bakti dan cintaku kepada kedua orang tua (Ibu Rhosiany, Bapak Harsiswanto) atas segenap doa, kasih sayang dan perjuangan yang tak pernah henti, semoga Allah SWT selalu mengasihii dan melindungi mereka seperti mereka mengasihii dan melindungiku.*
- ❖ Sebagai cintaku kepada saudaraku (Adik E. Agisara R.) dan seseorang yang aku sayang yang telah banyak membantu, mendoakan dan memberi semangat serta dukungan, semoga ridha Allah SWT selalu bersama mereka.*

## **KATA PENGANTAR**

Segenap rasa syukur terpanjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan petunjukNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Bantuan dan dukungan dari berbagai pihak tentunya sangat mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini. Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
2. Ibu Dra. Woro Sumarni, M.Si, Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang selaku Dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan, arahan dan saran kepada penulis
3. Ibu Dra. Latifah, M.Si. Dosen pembimbing I yang telah membimbing dan mengarahkan penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai.
4. Bapak Drs. Warlan Sugiyo, M.Si. Dosen pembimbing II atas arahan serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh keluarga besar Laboratorium Jurusan Kimia yang telah banyak membantu selama penulis melakukan penelitian.
6. Dias Kusuma Dewi, Kholis Dinana yang telah banyak membantu dan memberikan semangat, masukan, arahan, serta saran kepada penulis.
7. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas akhir.

Harapan penulis, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Semarang, Agustus 2013

Penulis

## ABSTRAK

Melanti, Riska, 2013, Preparasi *Porous Carbon* Dari Molase Dan Aplikasi Dalam Penurunan Efek *Browning* Sari Buah Apel . Tugas Akhir, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama : Dra. Latifah, M.Si, Pembimbing Pendamping : Drs. Warlan Sugiyo, M.Si.

Tingginya kadar karbohidrat pada molase dapat dimanfaatkan sebagai *porous carbon*. *Porous carbon* merupakan material padat berpori yang memiliki kemampuan mengabsorpsi gas maupun zat cair. *Porous carbon* ditandai oleh distribusi ukuran pori yang luas dan porositas yang tinggi. Pembuatan *porous carbon* melalui proses karbonisasi dengan sistem pirolisis dalam temperatur sangat tinggi.

Penelitian ini menggunakan molase untuk pembuatan *porous carbon* dengan variasi temperatur pada 500 °C, 600 °C dan 700 °C. Hasil *porous carbon* dianalisis dengan *scanning electron microscopy* (SEM) dan *Bruauer Emmet Teller* (BET). Hasil penelitian menunjukkan massa *porous carbon* pada temperatur 500 °C, 600 °C, 700 °C (24,8034 gr ; 21,3114 gr; 13,6311 gr), luas permukaan (14,511 m<sup>2</sup>/g; 8,412 m<sup>2</sup>/g; 5,615 m<sup>2</sup>/g), volume pori (16,229x10<sup>-3</sup> cc/g; 7,979x10<sup>-3</sup> cc/g; 7,264x10<sup>-3</sup> cc/g). Ukuran pori *porous carbon* pada temperatur 500 °C dan 700 °C berukuran mesopori yaitu sebesar 2,2369 nm dan 2,5875 nm sedangkan pada temperatur 600 °C berukuran mikropori yaitu sebesar 1,8972 nm.

Hasil analisis spektrofotometer UV-Vis sebelum dan sesudah kontak antara sari buah apel dengan *porous carbon* menunjukkan adanya penurunan absorbansi mengindikasikan berkurangnya enzim polifenol oksidase. Hasil analisis spektrofotometer IR menunjukkan perubahan pita serapan dan intensitas gugus O-H pada bilangan gelombang 3510,45 cm<sup>-1</sup>, 3402,43 cm<sup>-1</sup>, 3371,57 cm<sup>-1</sup>, 3186,4 cm<sup>-1</sup> dan 3147,83 cm<sup>-1</sup> menjadi 3456,44 cm<sup>-1</sup> dan 3425,58 cm<sup>-1</sup>. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *porous carbon* dapat digunakan untuk penurunan efek *browning* sari buah apel.

**Kata Kunci :** *Porous Carbon*, molase, karbonisasi, sari buah apel, *browning*.

## ABSTRACT

Melanti, Riska, 2013, *Preparation Of Porous Carbon From Molasses And Application in the reduction of browning effect apple juice*. Final Project II, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Semarang. First Advisor: Dra. Latifah, M.Si, Advisor II : Drs. Warlan Sugiyo, M.Si.

*High levels of carbohydrates in the molasses can be used as a porous carbon. Porous carbon is a porous solid material that has the ability to absorb gases and liquids. Porous carbon is characterized by a broad pore size distribution and high porosity. Manufacture of porous carbon by carbonization process with pyrolysis system in very high temperatures.*

*The study using molasses for the manufacture of porous carbon with temperature variations at 500 oC, 600 oC and 700 oC. Results porous carbon was analyzed by scanning electron microscopy (SEM) and Bruanuer Emmet Teller (BET). The results showed a mass of porous carbon at temperatures 500 °C, 600 °C, 700 °C (24,8034 gr ; 21,3114 gr; 13,6311 gr), surface area (14,511 m<sup>2</sup>/g; 8,412 m<sup>2</sup>/g; 5,615 m<sup>2</sup>/g), pore size (16,229x10<sup>-3</sup> cc/g; 7,979x10<sup>-3</sup> cc/g; 7,264x10<sup>-3</sup> cc/g). Pore size of porous carbon at a temperature 500 °C and 700 °C is 2,2369 nm and 2,5875 nm sized mesoporous, at temperature 600 oC while the micropore size is 1,8972 nm.*

*Results of analysis UV-Vis spectrophotometer apple juice before and after contact with a porous carbon shows a decrease in absorbance indicating reduced enzyme polyphenol oxidase. Results IR spectrophotometer analysis showed absorption bands and intensity changes in the O-H group at wave numbers 3510.45 cm<sup>-1</sup>, 3402.43 cm<sup>-1</sup>, 3371.57 cm<sup>-1</sup>, 3186.4 cm<sup>-1</sup> and 3147.83 cm<sup>-1</sup> to 3456.44 cm<sup>-1</sup> and 3425.58 cm<sup>-1</sup>. Based on the results of this study concluded that the porous carbon can be used to decrease the effect of browning apple juice.*

**Keyword:** : Porous Carbon, molases, apple juice, carbonization, browning

## DAFTAR ISI

Isi	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Perumusan masalah .....	4
1.3. Tujuan penelitian.....	4
1.4. Manfaat penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Apel .....	6
2.2. Molase .....	8
2.3. <i>Porous Carbon</i> .....	11
2.4. Spektroskopi Inframerah .....	13
2.5. <i>Quantachrome</i> Instrument .....	14
2.6. Metode SEM .....	16
2.7. Spektrofotometer UV-Vis .....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1. Lokasi Penelitian .....	18
3.2. Variabel Penelitian .....	18
3.3. Alat dan Bahan.....	19
3.4. Cara kerja.....	21
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	25
4.1. Karbonisasi <i>porous carbon</i> dari molase .....	25
4.2. Penurunan efek <i>browning</i> sari buah apel .....	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	40
5.1. Simpulan .....	40
5.2. Saran .....	41
DAFTAR PUSTAKA .....	42
LAMPIRAN-LAMPIRAN .....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman
2.1 Komposisi & kandungan nutrisi molase dari tebu .....	9
4.1. Pengaruh temperatur terhadap massa <i>porous carbon</i> .....	27
4.2. Penyusutan massa dari <i>porous carbon</i> .....	28
4.3. Luas permukaan, volume pori dan ukuran pori <i>porous carbon</i> .....	30
4.4. Serapan karakteristik sari buah apel .....	34
4.5 Hasil Analisis Spektrofotometer IR sari buah apel sesudah kontak dengan <i>porous carbon</i> .....	35
4.6 Hasil penurunan absorbansi sari buah apel .....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Apel .....	6
2.2 Reaksi pencoklatan .....	8
2.3 Bentuk morfologi <i>porous carbon</i> .....	12
2.4 Metode pada spektrofotometer IR .....	13
2.5 NOVA-Quantachrome instrument .....	14
2.6 Alat <i>Scanning electron microscope</i> (SEM) .....	15
4.1 Grafik hubungan massa <i>porous carbon</i> versus temperatur .....	27
4.2 Hasil analisis SEM pada <i>porous carbon</i> .....	29
4.3 Sari buah apel .....	32
4.4. Spektrofotometer IR sari buah apel sebelum kontak dengan <i>porous carbon</i> .....	33
4.5. Grafik hubungan grafik hubungan jenis <i>porous carbon</i> versus besarnya absorbansi yang terukur .....	37
4.6. Hasil Analisis Spektrofotometer IR sari buah apel sesudah kontak dengan <i>porous carbon</i> .....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Prosedur dan skema kerja penelitian .....	47
2. Perhitungan penyusutan massa <i>porous carbon</i> .....	50
3. Perhitungan penurunan absorbansi sari buah apel .....	51
4. Foto-foto penelitian .....	56
5. Hasil BET <i>porous carbon</i> .....	61
6. Hasil Spektrofotometer IR sari buah apel .....	86

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Limbah pertanian banyak tersedia, murah serta dapat diolah menjadi bahan yang lebih berguna sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh penumpukan atau pembakaran limbah (Hasan *et al.* 2008). Salah satu cara untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah pertanian yaitu dengan memproduksinya menjadi *porous carbon*.

*Porous Carbon* merupakan material padat berpori yang memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi gas maupun zat cair (Pertiwi, 2009). *Porous carbon* ditandai oleh distribusi ukuran pori yang luas dan porositas yang tinggi. Pembuatan *porous carbon* melalui proses karbonisasi pada suhu tinggi (Triyani, 2010). Karbonisasi merupakan teknologi untuk daur ulang limbah pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen. Adapun tujuan dari karbonisasi adalah untuk meningkatkan ukuran mesopori dari *porous carbon* (Pertiwi, 2009).

*Porous carbon* biasanya digunakan sebagai absorben, katalis, bahan elektronik, energi penyimpanan material, pemisahan gas, dan pemurnian (Shen *et al.* 2008). Menurut hasil penelitian Pertiwi, 2009, *Porous carbon* memiliki morfologi pori yang teratur yaitu yang seragam serta diameter pori yang lebih kecil pada suhu karbonisasi 600 °C. Pada suhu di bawah 600 °C belum didapatkan morfologi bentuk yang teratur karena pada suhu dibawah

600 °C lebih cenderung untuk menghilangkan molekul pembentuk pori. Pada suhu di atas 600 °C sebagian *porous carbon* telah menjadi abu dan mengurangi massa *porous carbon* yang terbentuk.

Salah satu limbah pertanian yang dapat diolah sebagai *porous carbon* adalah molase karena mengandung kadar karbohidrat yang tinggi.

Molase adalah limbah cair pada industri gula yang merupakan hasil sampingan selama proses pemutihan gula (Simanjuntak, 2009). Molase berupa cairan seperti kecap dan beraroma khas serta, memiliki kandungan sukrosa (Pertiwi, 2009). Pembuangan molase dapat mengakibatkan timbulnya pencemaran air sungai, yaitu menghalangi penetrasi cahaya matahari ke dalam badan air sehingga menghambat proses fotosintesis. Endapan bahan organik yang mengendap akan mengubah tekstur substrat dan menimbulkan habitat yang tidak sesuai bagi biota endemik perairan, terbentuknya amonia yang memiliki toksisitas yang tinggi dan menimbulkan gangguan besar bagi organisme perairan serta berbau (Ratningsih, 2008)

Pada penelitian ini diharapkan dengan mengubah molase menjadi *porous carbon* dapat mengurangi pencemaran air yang disebabkan oleh molase serta memanfaatkan molase dalam industri minuman selain digunakan sebagai makanan ternak, sumber yeast, dan pembuatan alkohol.

Pada pengolahan apel menjadi minuman, adanya enzim polifenol oksidase sangat merugikan karena dapat menampilkan rupa dan warna yang tidak bagus, juga diiringi dengan rasa yang tidak enak (Elida, 1996). Pembuatan *porous carbon* dari molase diharapkan dapat menyerap polifenol

oksidase, sehingga dapat menjadi salah satu cara mengatasi pencoklatan pada sari buah apel karena tidak menimbulkan busa dan tidak mengendapkan berbagai senyawa yang diperlukan bahan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas maka permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh suhu karbonisasi terhadap *porous carbon* dari molase?
2. Bagaimana pengaruh massa *porous carbon* dari molase terhadap efek *browning* pada sari buah apel?
3. Bagaimana pengaruh waktu kontak *porous carbon* dari molase dengan sari buah apel dalam menurunkan efek *browning* sari buah apel?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk:

1. Mengetahui pengaruh suhu karbonisasi terhadap *porous carbon* dari molase.
2. Mengetahui pengaruh massa *porous carbon* dari molase terhadap efek *browning* pada sari buah apel.
3. Mengetahui pengaruh waktu kontak *porous carbon* dari molase dengan sari buah apel dalam menurunkan efek *browning* sari buah apel.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang di harapkan dari penelitian ini adalah dapat memanfaatkan molase dalam menurunkan efek *browning* sari buah apel, yang selama ini molase hanya digunakan untuk pakan ternak, pembuatan ragi dan pembuatan alkohol

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Apel**

Apel adalah tanaman yang berasal dari daerah subtropis. Kemudian tanaman ini mulai dibudidayakan di daerah tropik. Di Indonesia, tanaman apel dibudidayakan di kabupaten Malang (Batu dan Poncosumo) dan Pasuruan (Nongkojajar) Jawa Timur, Tanaman apel mulai diusahakan petani pada tahun 1950, dan pada tahun 1960 tanaman tersebut mulai berkembang dengan pesat. Beberapa jenis apel antara lain apel kuning, apel merah, apel hijau, apel Fuji, Granny smith, Manalagi, Malang, Washington, Rome Beauty, Anna, Princess Noble dan Wangli/Lali jiwo (Bastian, 2004).

Buah Apel mempunyai bentuk bulat sampai lonjong bagian pucuk buah berlekuk dangkal, kulit agak kasar dan tebal, pori-pori buah kasar dan renggang, tetapi setelah tua menjadi halus dan mengkilat seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 (Bastian, 2004).



Gambar 2.1 Apel (Bastian, 2004)

Apel mengandung 64 kal energi, 84 gr air, 0,3 gr protein, 0,4 gr lemak, 14,9 gr karbohidrat, 0,4 gr mineral, 6 gr kalsium, 10 mg fosfor, 0,3 mg besi, 0,04 mg thiamine, 5 mg asam askorbat (Oey Kam Nin, 1992).

Kontribusi satu buah apel lebih dari 10 % total kebutuhan serat sehari. Serat apel mampu menurunkan kadar kolesterol darah, mengurangi pengerasan arteri, dan resiko penyakit jantung koroner. Serat tak larut dalam apel berfungsi untuk mengikat kolesterol LDL dalam saluran cerna dan kemudian menyingkirkannya dalam tubuh. Sementara itu serat larutnya akan mengurangi produksi kolesterol LDL di hati, berfungsi sebagai pelindung yang melapisi lender lambung serta usus terhadap kuman, toksin dan timbulnya luka (Wulansari, 2009).

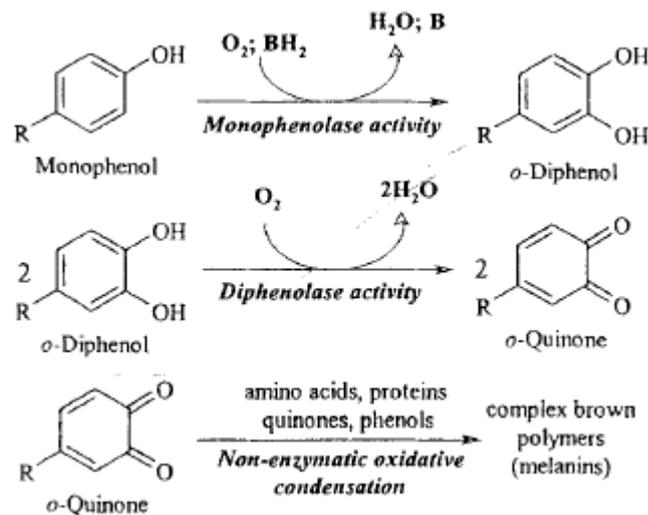
Apel apabila dikupas, daging buah atau umbinya akan berwarna coklat. Pencoklatan (*browning*) pada buah apel terjadi akibat proses enzimatis oleh polifenol oksidase (Bastian, 2004). Pencoklatan (*browning*) pada apel harus dihilangkan karena bersifat racun. Enzim polifenol tersebut akan mudah teroksidasi dengan adanya oksigen akan membentuk senyawa radikal orto-kuinon (Palupi, 2007). Gugus 0-kuinon inilah yang membentuk warna coklat.

Senyawa orto-kuinon tersebut sangat reaktif dan apabila bereaksi dengan protein dapat membentuk senyawa kompleks yang melibatkan asam amino lisin sehingga ketersediaan akan menurun. Selain itu senyawa kompleks protein-polifenol tersebut sulit ditembus oleh enzim protease sehingga daya

cerna proteinnya juga rendah, sehingga secara keseluruhan dapat dikatakan nilai gizi protein tersebut juga akan turun (Palupi, 2007).

Pencoklatan (*browning*) pada apel melibatkan hidroksilase dari monophenol ke O-diphenol dan oksidasi o-diphenol menjadi O-quinon (Christiane *et al.* 2008)

Terjadinya reaksi pencoklatan diperkirakan seperti terlihat pada Gambar 2.2 berikut ini (Ruhiye, 2003).



Gambar 2.2 Reaksi pencoklatan (Ruhiye, 2003)

Reaksi umum gambar 2.2 menjelaskan dimana fenol dan oksigen adalah substrat dan  $BH_2$ , singkatan dari senyawa o-diphenol sebagai donor elektron (aktifitas monophenolase). Sedangkan pada aktifitas diphenolase,  $BH_2$  tidak diperlukan karena ada o-diphenol cukup untuk reaksi dan kedua atom dari molekul oksigen direduksi menjadi air dan pada akhirnya O-quinon berpolimerisasi membentuk pencoklatan.

## 2.2 Molase

Molase adalah salah satu hasil samping limbah pabrik gula selain ampas tebu. Molase memiliki kandungan sukrosa sekitar 30% serta gula pereduksi sekitar 25% berupa glukosa dan fruktosa. Sukrosa dalam molase merupakan komponen sukrosa yang sudah tidak dapat lagi dikristalkan di dalam industri gula (Pertiwi, 2009).

Komposisi rata-rata molase dipengaruhi oleh jenis tanah, temperatur, kelembaban, musim produksi, varietas, dan proses produksi. Dari berbagai faktor tersebut berpengaruh pada kandungan nutrisi, rasa, warna, viskositas dan kadar gula (Pertiwi, 2009). Komposisi dan kandungan nutrisi molase dari tebu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi dan kandungan nutrisi molase dari tebu

Kandungan	Nilai
Total padatan (%)	75,0
Densitas	1,41
Gula total (%)	46,0
Protein (%)	3,0
Nitrogen bebas (%)	1,01
Lemak total (%)	0,0
Serat total (%)	0,0
Abu (%)	8,1
Kalsium (%)	0,8
Fosfor (%)	0,08
Kalium (%)	2,4
Natrium (%)	0,2
Klorin (%)	1,4
Belerang (%)	0,5

Sumber : Pertiwi (2009)

Kandungan terbanyak dari molase adalah gula total atau karbohidrat. Tetapi jumlah tersebut dapat jauh berkurang apabila menggunakan metode sentrifugasi untuk memisahkan gula dan sirup. Dengan metode tersebut, gula yang dapat diekstraksi lebih banyak sehingga jumlah gula yang tertinggal dalam molase berkurang. Selain itu, penggunaan resin penukar ion dapat menurunkan kandungan gula dalam molase menjadi 4% (Pertiwi, 2009).

### 2.3 *Porous Carbon*

Karbon merupakan salah satu unsur penting yang merevolusi ilmu material. Karbon menyediakan material dengan sifat-sifat unggul untuk aplikasi industrial yang luas. *Porous Carbon* merupakan material padat berpori yang memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi gas maupun zat cair. *Porous carbon* ditandai oleh distribusi ukuran pori yang luas dan porositas yang tinggi (Pertiwi, 2009).

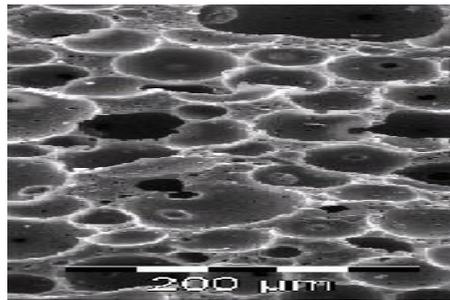
Material yang biasanya dipilih untuk sektor industri biasanya adalah material yang memiliki kandungan karbon yang tinggi, namun cukup murah, memiliki kandungan anorganik cukup rendah, dan densitas yang tinggi. Pembuatannya melalui proses karbonisasi dengan sistem pirolisis dalam temperatur sangat tinggi. Selama karbonisasi, unsur selain karbon, seperti hidrogen dan oksigen dihilangkan dengan sistem dekomposisi pirolisis menjadi bentuk gasnya. Parameter yang penting untuk menentukan kualitas produk karbonisasi meliputi temperatur dan waktu. Setelah proses karbonisasi, dilakukan proses pengaktifasian yang berfungsi untuk memperbesar luas permukaan diameter pori dan menciptakan beberapa porositas yang baru dengan struktur pori yang lebih baik. Pengaktifan ini dapat dilakukan baik secara fisika maupun kimia (Pertiwi, 2009).

Pengaktifan kimia dilakukan dengan penambahan larutan pekat dari agen mengaktifkan yang kemudian di pirolisis pada suhu antara 400<sup>0</sup>C dan 600<sup>0</sup>C dalam ketiadaan udara. Produk pirolisis di dinginkan dan dicuci untuk menghapus bahan pengaktif. Pengaktifan fisika adalah proses dimana produk

dikarbonisasikan untuk mengembangkan struktur molekul berpori dan luas permukaan pada kisaran suhu  $800^{\circ}\text{C} - 1000^{\circ}\text{C}$  (Manocha, 2003).

*Porous carbon* yang sempurna mempunyai morfologi pori yang teratur dan tampak lebih jelas dengan variasi ukuran antara 300 nm – 750 nm (Pertiwi, 2009). Struktur pori *porous carbon* dibagi menjadi tiga jenis yaitu makropori, mesopori dan mikropori (Manocha, 2003).

Perbedaan bentuk morfologi, berasal dari proses sintesis serta sumber karbon. Untuk menghasilkan bentuk sperik, harus dalam bentuk fluida dengan laju pemanasan yang lambat dan pada temperatur rendah (Triyani, 2010).



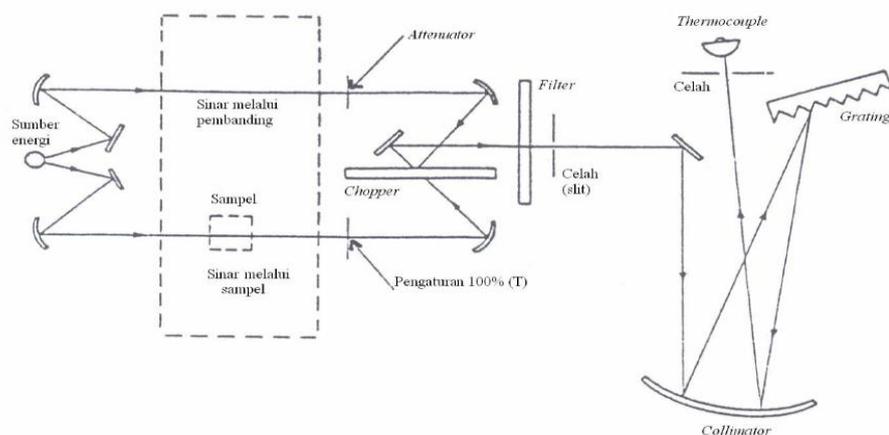
Gambar 2.3 Bentuk morfologi *porous carbon* (Triyani, 2010)

Perbedaan bentuk morfologi, berasal dari proses sintesis serta sumber karbon. *Porous carbon* merupakan bagian yang sangat unik, meliputi ukuran, bentuk, dan variasi porositas. Hasil penelitian sintesis *porous carbon* dari karbohidrat dikarakterisasi melalui komposisi, luas permukaan dan ukuran porinya (Triyani, 2010).

## 2.4 Spektroskopi inframerah (IR)

Spektroskopi infra merah sangat penting dalam kimia modern, terutama dalam daerah organik spektrofotometer merupakan alat rutin untuk mendeteksi gugus fungsional, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran (Day, 2001).

Spektroskopi infra merah terdiri atas sumber pemancar radiasi, daerah cuplikan, fotometer, monokromator, detektor, dan rekorder. Spektroskopi infra merah ini mampu merekam absorpsi mulai dari panjang gelombang 2,5 mikron hingga 25 mikron. Cuplikan dapat dianalisis dengan spektroskopi infra merah sebagai padatan atau cairan murninya, karena tidak ada pelarut yang sama sekali transparan terhadap sinar infra merah. Cuplikan padat dapat digerus bersama kristal KBr kering (0,5 – 2 mg cuplikan, 100 mg KBr kering) dan dibentuk *pellet* terlebih dahulu sebelum dianalisis dengan spektroskopi infra merah. Sedangkan untuk cuplikan cair, sampel dapat langsung dianalisis tanpa pengenceran dan bebas air (Sastrohamidjojo, 1992). Metode pada spektroskopi infra merah dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 2.4 Metode pada spektroskopi infra merah (Hendayana, 1994)

Spektrofotometer canggih selalu dilengkapi recorder untuk merekam hasil percobaan. Alat perekam ini mempermudah dan mempercepat pengolahan data (Hendayana, 1994).

## 2.5 *Quantachrome Instrument*

*Quantachrome instrument* digunakan untuk mengukur luas permukaan dan volume pori melalui adsorpsi nitrogen pada suhu rendah. Luas permukaan di hitung dari bagian linier plot *Brunauer-Emmet-Teller* (rafiee et al. 2012).



Gambar 2.5 NOVA-Quantachrome instrument (rafiee et al. 2012)

Metode BET (*Brunauer-Emmet-Teller*) pertama kali ditemukan oleh *Brunauer, Emmet* dan *Teller* pada tahun 1938. Metode ini digunakan untuk permukaan yang datar (tidak ada lekukan) dan tidak ada batas dalam setiap layer yang dapat digunakan dalam menjelaskan luas permukaan. Metode BET (*Brunauer-Emmet-Teller*) merupakan prosedur yang paling banyak dipakai untuk menentukan surface area dan volume pori material padat.

Berdasarkan teori *Brunauer-Emmet-Teller* (BET), bahwa luas permukaan zat padat berpori dapat dihitung menggunakan adsorpsi isoterm. Metode BET pada tahun 1983 diterima sebagai metode yang umum untuk menentukan luas permukaan dari suatu material berpori (Pertiwi, 2009).

## 2.6 Metode SEM (*Scanning Electron Microscope*)

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan suatu teknik analisis yang digunakan untuk menggambar dan keadaan tekstur, topografi serta corak dari suatu permukaan molekul berdasarkan berkas elektron yang diberikan pada sampel senyawa tersebut. *Image* atau gambar dari hasil analisis SEM ini menggambarkan suatu bentuk tiga dimensi dari permukaan molekul yang diinterpretasikan ke dalam sebuah layar (Pertiwi, 2009).



Gambar 2.6 Alat scanning electron microscope (SEM) (Pertiwi, 2009)

Pada dasarnya prinsip kerja SEM adalah seperti mikroskop, tetapi dalam SEM menggunakan berkas elektron sebagai ganti cahaya untuk

membentuk suatu gambaran tiga dimensinya. Suatu berkas elektron diberikan melalui suatu lensa elektromagnetis sehingga mengarah pada suatu sampel. Sampel akan menghamburkan sejumlah elektron (*secondary electron*) yang nantinya akan ditangkap oleh detektor dan mengkonversi dalam suatu layar (Pertiwi, 2009).

## 2.7 Spektrofotometer UV-Vis

Penyerapan sinar tampak atau ultraviolet oleh suatu molekul dapat menyebabkan terjadinya eksitasi molekul tersebut dari tingkat energi dasar (*ground state*) ke tingkat energi yang lebih tinggi (*excited state*).

Pengabsorbsian sinar ultraviolet atau sinar tampak oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi elektron *bonding*, akibatnya, panjang gelombang absorpsi maksimum dapat dikorelasikan dengan jenis ikatan yang ada di dalam molekul yang sedang diselidiki. Oleh karena itu spektroskopi serapan molekul berharga untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional yang ada dalam suatu molekul. Akan tetapi, yang lebih penting adalah penggunaan spektroskopi serapan ultraviolet dan sinar tampak untuk penentuan kuantitatif senyawa-senyawa yang mengandung gugus-gugus pengabsorpsi.

Senyawa organik mampu mengabsorpsi cahaya, sebab semua senyawa organik mengandung elektron valensi yang dapat dieksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Energi eksitasi untuk elektron pembentuk ikatan tunggal adalah cukup tinggi sehingga pengabsorpsiannya terbatas pada daerah ultra

violet vakum ( $\lambda < 185$  nm), di mana komponen-komponen atmosfer juga mengabsorpsi secara kuat. Oleh karena itu percobaan dengan sinar ultraviolet vakum ini sulit dilakukan. Penyelidikan spektroskopi senyawa-senyawa organik dilakukan pada daerah ultraviolet yang panjang gelombangnya lebih besar dari 185 nm. Pengabsorbsian sinar ultraviolet dan sinar tampak yang panjang gelombangnya lebih besar terbatas pada sejumlah gugus fungsional yang mengandung elektron valensi dengan energi eksitasi rendah (Pertiwi, 2009).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Universitas Negeri Semarang. Proses pengujian dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Universitas Gadjah Mada (UGM) dan Laboratorium Kimia Fisika Universitas Negeri Semarang. Karakterisasi *Porous Carbon* dilakukan dengan menggunakan metode BET di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Yogyakarta dan Metode SEM di Balai Konservasi Borobudur (BKB) Magelang.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

##### **1. Variabel Terikat**

Variabel terikat Dalam penelitian ini adalah *porous carbon* dari molase, efek *browning* pada sari buah apel.

##### **2. Variabel Bebas**

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah suhu karbonisasi, waktu kontak *porous carbon* dengan sari buah apel, massa *porous carbon*.

##### **3. Variabel Terkendali**

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah suhu reaksi, apel hijau, waktu karbonisasi.

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. Blender
- b. Pisau
- c. Saringan
- d. Gelas ukur 50 ml merk Pyrex
- e. Gelas Kimia 100 ml merk Pyrex
- f. Spatula
- g. Pinset
- h. neraca analitik Mettler AE200
- i. *Furnace* merk *Barnstead thermolyne* 1400
- j. krus porselain
- k. oven merk Memmert
- l. *Magnetik stirer* merk Cimarec 2 Thermolyne
- m. Spektrofotometer infra merah shimadzu 8400
- n. Spektrofotometer UV-Vis merk shimadzu
- o. *Scanning Electron Microscope (SEM)* merk EDAX
- p. *NOVA-Quantachrome instrument*

## 2. **Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Molase
- b. Apel hijau
- c.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  Anhidrat
- d. akuades

### 3.4 Cara Kerja

#### 1. Karbonisasi *Porous Carbon*

- 1) Mengambil molase sebanyak 200 gram
- 2) Memanaskan pada temperatur 105 °C dalam oven selama 24 jam.
- 3) Memasukkan ke dalam krus porselin dan proses karbonisasi dengan variasi temperatur 500 °C, 600 °C, 700 °C selama 3 jam.
- 4) Menimbang
- 5) Analisis *porous carbon* menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan NOVA-Quantachrome instrument.  
( Diadopsi dari hasan *et al.* 2008)

#### 2. Analisis *porous carbon* menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

- 1) Mengambil 3,5 gram *porous carbon*
- 2) Meletakkan di atas specimen holder dan dimasukkan kedalam specimen chamber
- 3) Memasukkan dalam alat SEM
- 4) Struktur *porous carbon* akan muncul pada layar monitor CRT (cathode ray tube)

**3. Analisis *porous carbon* menggunakan NOVA-Quantachrome instrument**

- 1) Mengambil *porous carbon* sebanyak 0,1 gram
- 2) Memasukkan kedalam tabung sampel
- 3) Memasukkan kedalam alat NOVA - *Quantachrome instrument*

**4. Pembuatan sari buah apel**

- 1) Mengambil buah apel yang telah dicuci kemudian menguliti, memotong dan memasukkan ke dalam blender.
- 2) Menambahkan air dengan perbandingan massa apel dan volume air 300 : 100 (ml/gram).
- 3) Blender hingga halus kemudian menyaring sari buahnya.
- 4) Karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

**5. Proses penurunan efek *browning* sari buah apel dengan spektrofotometer UV-Vis merk Shimadzu**

- 1) Memasukkan 50 ml sari buah apel ke dalam gelas kimia.
- 2) Menambahkan 1 g, 3 g, 5 g *porous carbon* .
- 3) Menutup dengan plastik.
- 4) Mengaduk dengan menggunakan *magnetik stirer* dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit.
- 5) Analisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 800 nm.

## 6. Karakterisasi Sari buah apel menggunakan Spektrofometer UV-Vis

- 1) Sebelum kontak dengan *porous carbon*
  - a. Memasukkan sari buah apel ke dalam kuvet
  - b. Memasukkan ke dalam spektrofotometer UV-Vis
  - c. Mengukur panjang gelombang maksimum sari buah apel
- 2) Sesudah kontak dengan *Porous Carbon*
  - a. Memasukkan sari buah apel ke dalam kuvet
  - b. Memasukkan ke dalam spektrofotometer UV-Vis
  - c. Mengukur absorbansi setiap sampel sari buah apel pada panjang gelombang maksimum.

## 7. Karakterisasi Sari Buah apel menggunakan Spektrofometer IR

- 1) Sebelum Penambahan *Porous Carbon*
  - a. Mengambil buah apel yang telah dicuci kemudian menguliti, memotong dan memasukkan ke dalam blender.
  - b. Menambahkan air dengan perbandingan massa apel dan volume air 100 : 100 ( gram/ml )
  - c. Blender hingga halus.
  - d. Menyaring
  - e. Memasukkan ke dalam gelas kimia yang lain yang telah diisi  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  Anhidrat
  - f. Analisis dengan menggunakan Spektrofometer IR

- 2) Sesudah penambahan *Porous Carbon*
  - a. Mengambil buah apel yang telah dicuci kemudian menguliti, memotong dan memasukkan ke dalam blender.
  - b. Menambahkan air dengan perbandingan massa apel dan volume air 300 : 100 (gram/ml)
  - c. Blender hingga halus.
  - d. Menyaring
  - e. Mengambil 50 ml sari buah apel
  - f. Menambahkan 5 gram *Porous Carbon*
  - g. Menstirer sari buah apel selama 90 menit
  - h. Memasukkan ke dalam gelas kimia yang lain yang telah diisi  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  Anhidrat
  - i. Analisis dengan menggunakan Spektrofometer IR

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian tentang preparasi *porous carbon* dari molase dan aplikasinya dalam penurunan efek *browning* sari buah apel. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Universitas Negeri Semarang. Pengujian sari buah apel dengan menggunakan spektrofotometer IR dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Universitas Gadjah Mada (UGM). Pengujian sari buah apel menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika Universitas Negeri Semarang (UNNES). Karakterisasi *Porous Carbon* dilakukan dengan menggunakan metode BET di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Yogyakarta dan Metode SEM di Balai Konservasi Borobudur (BKB) Magelang.

#### **4.1. Karbonisasi *Porous Carbon* Dari Molase**

Molase yang digunakan adalah limbah cair produksi gula dari pabrik gula PT. Industri Gula Nusantara, kota kendal, Jawa Tengah. Molase berfungsi sebagai sumber karbon karena memiliki kandungan sukrosa sekitar 30 % dan gula pereduksi 25 % yang berupa glukosa dan fruktosa. Kandungan gula dalam molase apabila terpirolisis menghasilkan unsur-unsur karbon, oksigen dan hidrogen (pertiwi, 2009).

Preparasi awal yang dilakukan adalah memasukkan molase kedalam krus porselin, kemudian di masukkan kedalam *furnace* untuk dilakukan proses pengovenan molase dengan suhu 105 °C selama 24 jam. Proses pengovenan dilakukan untuk menghilangkan kadar air yang masih terdapat didalam molase sebelum dilakukan proses karbonisasi. Pada proses ini menghasilkan pasta yang berwarna hitam dan kental.

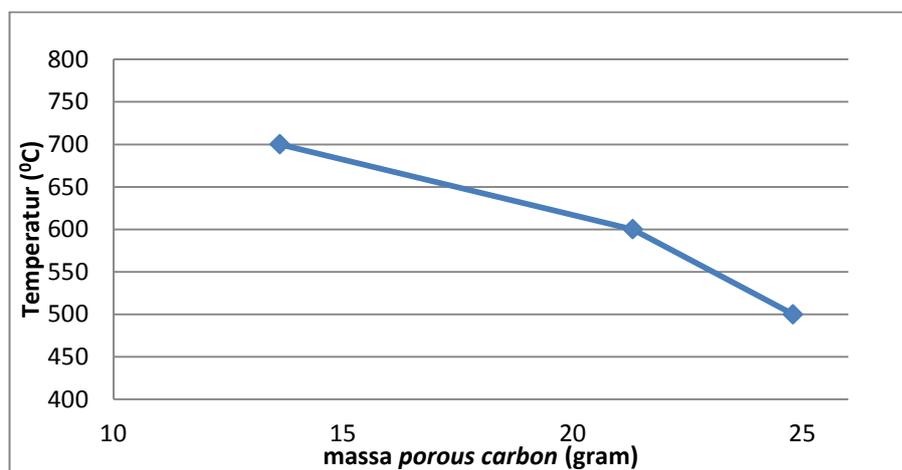
Proses selanjutnya adalah proses karbonisasi molase yang telah di oven tadi. Proses karbonisasi dilakukan pada variasi temperatur 500 °C, 600 °C, dan 700 °C selama 3 jam untuk menentukan pengaruh temperatur karbonisasi terhadap morfologi pori, luas permukaan dan massa *porous carbon* yang dihasilkan. Ciri fisik *porous carbon* adalah berbentuk serbuk dan berwarna hitam.

Penggunaan temperatur yang bervariasi akan mempengaruhi ukuran pori yang akan dihasilkan dari proses sintesis. Karbonisasi dilakukan pada suhu tinggi untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang tidak dibutuhkan dalam pembentukan *porous carbon*. Selain untuk menghilangkan zat pengotor, karbonisasi juga bertujuan supaya kerangka karbon lebih rapat.

Hasil karbonisasi pada temperatur 500 °C didapatkan *porous carbon* yang paling banyak, sedangkan pada temperatur 600 °C didapatkan jumlah *porous carbon* yang lebih sedikit dan pada suhu 700 °C *porous carbon* yang dihasilkan semakin sedikit. Hasil ini dapat dilihat dalam tabel 4.1 dan gambar 4.1.

Tabel 4.1 Pengaruh temperatur terhadap massa *porous carbon*

No	Temperatur <i>Porous Carbon</i> ( $^{\circ}\text{C}$ )	Massa Awal molase (gram)	Massa <i>porous carbon</i> (gram)
1.	500	200	24,8034
		30	4,0024
2.	600	200	21,3114
		85	8,3412
3.	700	200	13,6311
		250	15,7637

Gambar 4.1 grafik hubungan massa *porous carbon* versus temperatur

Gambar 4.1 dapat digambarkan bahwa terjadi penurunan massa *porous carbon* dengan naiknya temperatur karbonisasi. Pada temperatur  $500^{\circ}\text{C}$  diperoleh massa *porous carbon* paling banyak yaitu 24,8034 gram, sedangkan pada temperatur  $600^{\circ}\text{C}$  mengalami penurunan yaitu sebesar 21,3114 dan semakin menurun pada suhu  $700^{\circ}\text{C}$  yaitu 13,6311. Penurunan massa dari *porous carbon* ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur menyebabkan sebagian *porous*

*carbon* berubah menjadi abu sehingga dapat mengurangi massa *porous carbon* yang terbentuk. Penyusutan massa *porous carbon* dapat dilihat dalam tabel 4.2.

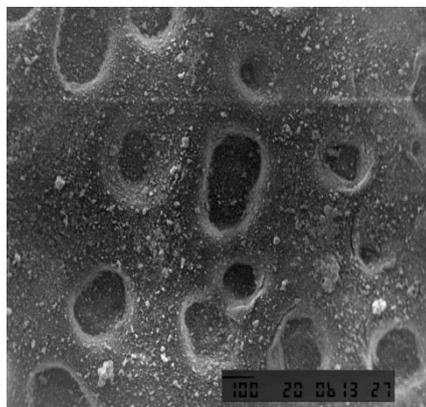
Tabel 4.2 Penyusutan massa dari *porous carbon*

No	Temperatur <i>Porous Carbon</i> ( $^{\circ}\text{C}$ )	Massa Awal molase (gram)	Massa <i>porous carbon</i> (gram)	Penyusutan (%)	
				Per sampel	Rata-rata
1	500	200	24,8034	87,59	87,125
		30	4,0024	86,66	
2	600	200	21,3114	89,34	89,76
		85	8,3412	90,18	
3	700	200	13,6311	93,18	93,435
		250	15,7637	93,69	

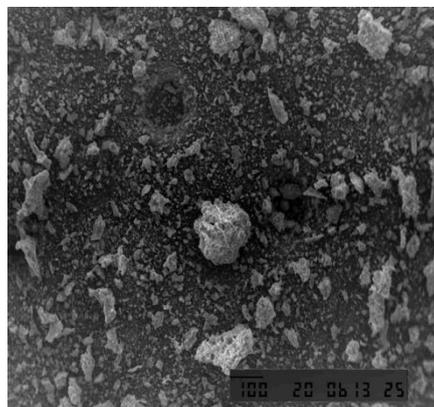
Penyusutan massa *porous carbon* ini menunjukkan rendemen massa terbentuknya *porous carbon* pada masing-masing temperatur karbonisasi. Pada temperatur  $500^{\circ}\text{C}$  terjadi penyusutan sebesar 87,59 % dan 86,66 % dengan rata-rata sebesar 87,125, sedangkan pada temperatur  $600^{\circ}\text{C}$  sebesar 89,34 % dan 90,18 % dengan rata-rata sebesar 89,76 dan semakin banyak terjadi penyusutan pada suhu  $700^{\circ}\text{C}$  sebesar 93,18 % dan 93,69 % dengan rata-rata sebesar 93,435. Peningkatan penyusutan pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$  dan  $700^{\circ}\text{C}$  dimungkinkan sebagian *porous carbon* telah berubah menjadi abu karena pemanasan pada suhu tinggi.

Hasil karbonisasi tersebut juga dianalisis strukturnya dengan menggunakan alat *scanning Electron Mikroskop (SEM)* yang akan menunjukkan gambar tiga dimensi bentuk morfologi dari struktur *porous carbon* yang

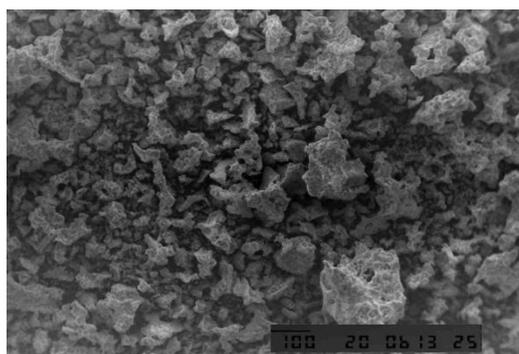
dihasilkan. Hasil analisis menggunakan *scanning Electron Mikroskop (SEM)* pada masing-masing temperatur ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2.a 500 °C perbesaran 100x



Gambar 4.2.b 600 °C perbesaran 100x



Gambar 4.2.c 700 °C perbesaran 100x

#### Gambar 4.2 Hasil analisis SEM pada *porous carbon*

Gambar 4.2 tersebut terlihat bahwa proses karbonisasi menyebabkan perubahan morfologi pori dan ukuran dari *porous carbon*. Pada temperatur 500 °C bentuk morfologi pori tampak lebih jelas karena proses penataan partikel *porous carbon* untuk mencapai kestabilan. Sedangkan hasil analisis SEM pada temperatur 600 °C adanya penurunan morfologi pori yang terbentuk. Hal ini disebabkan karena sebagian mulai terbentuk abu. Hasil analisis SEM pada temperatur 700 °C morfologi pori yang terbentuk semakin mengalami penurunan sehingga morfologi

pori tidak tampak teratur. Penurunan morfologi pori yang terbentuk disebabkan karena terbentuknya abu akibat pemanasan yang terlalu tinggi.

Terdapatnya variasi morfologi pori dari *porous carbon* pada masing-masing temperatur kemungkinan disebabkan karena tidak meratanya temperatur karbonisasi didalam *furnace*.

Terbentuknya *porous carbon* yang terlihat pada gambar analisis SEM diatas diperkuat dengan hasil BET yang dilakukan terhadap *porous carbon*. Hasil BET dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Luas permukaan, volume pori dan ukuran pori-pori *porous carbon*

	500 °C	600 °C	700 °C
Luas permukaan (m <sup>2</sup> /gram)	14,511	8,421	5,615
Volume pori (cc/gram)	16,229 x 10 <sup>-3</sup>	7,979 x 10 <sup>-3</sup>	7,264 x 10 <sup>-3</sup>
Ukuran pori rata-rata (nm)	2,2369	1,8972	2,5875

Berdasarkan hasil analisis BET, *porous carbon* pada temperatur 600 °C berukuran mikropori karena memiliki ukuran pori rata-rata 1,8972 nm. Sedangkan *porous carbon* pada temperatur 500 °C dan 700 °C berukuran mesopori karena memiliki ukuran pori rata-rata 2,2369 dan 2,5875, Walaupun ukuran pori-pori pada temperatur 600 °C mikropori, akan tetapi karena luas permukaan pada temperatur 500 °C lebih besar maka *porous carbon* terbaik pada suhu 500 °C. Sedangkan pada temperatur 700 °C ukuran pori menjadi mesopori disebabkan tingginya temperatur karbonisasi, karbon akan terbakar dan menutupi pori-pori.

Berdasarkan hasil penelitian ini massa *porous carbon*, luas permukaan *porous carbon*, dan volume pori *porous carbon* semakin menurun dengan bertambahnya temperatur seperti yang terlihat pada tabel 4.1, disebabkan karena pemanasan karbon yang terlalu tinggi. Pada temperatur 600 °C berukuran mikropori karena berukuran pori < 2nm sedangkan pada temperatur 500 °C dan 700 °C berukuran mesopori karena berukuran > 2 nm.

#### **4.2 Penurunan Efek *Browning* Sari Buah Apel**

Luas Permukaan berkaitan erat dengan adsorpsi, dimana terlibat interaksi antara molekul yang bergerak dengan molekul yang diam sehingga *Porous Carbon* dapat digunakan untuk adsorpsi, oleh karena itu *porous carbon* digunakan untuk penurunan efek *browning* sari buah apel.

Reaksi pencoklatan atau *browning* yaitu terbentuknya warna coklat pada bahan pangan secara alami atau karena proses tertentu. Reaksi pencoklatan dapat terjadi melalui dua proses yaitu proses pencoklatan non enzimatik dan pencoklatan enzimatik. Proses pencoklatan non enzimatik disebabkan reaksi meillard maupun karamelisasi sedangkan pencoklatan enzimatik salah satunya disebabkan adanya enzim polifenol oksidase (Salim, 1997).

Reaksi pencoklatan enzimatik karena adanya enzim polifenol oksidase salah satunya terjadi pada buah apel. Proses pencoklatan dimulai dari apel yang dikupas atau dipotong-potong sehingga teroksidasi. Pencoklatan (*browning*) pada buah apel melibatkan hidrosilase dari monophenol ke O-diphenol menjadi O-quinon (Christiane *et al.*, 2008).

Penelitian ini dilakukan untuk menurunkan efek *browning* dengan menggunakan *porous carbon*. Preparasi awal adalah pembuatan sari buah apel. Proses Pembuatan sari buah apel dilakukan dengan cara yang cukup mudah dan sederhana. Apel yang telah dicuci kemudian dikuliti dan di potong-potong, dengan perbandingan massa apel dan volume air 300 : 100 (gram/ml), apel di blender hingga halus. Apel yang telah diblender tersebut disaring untuk diambil sari buahnya.

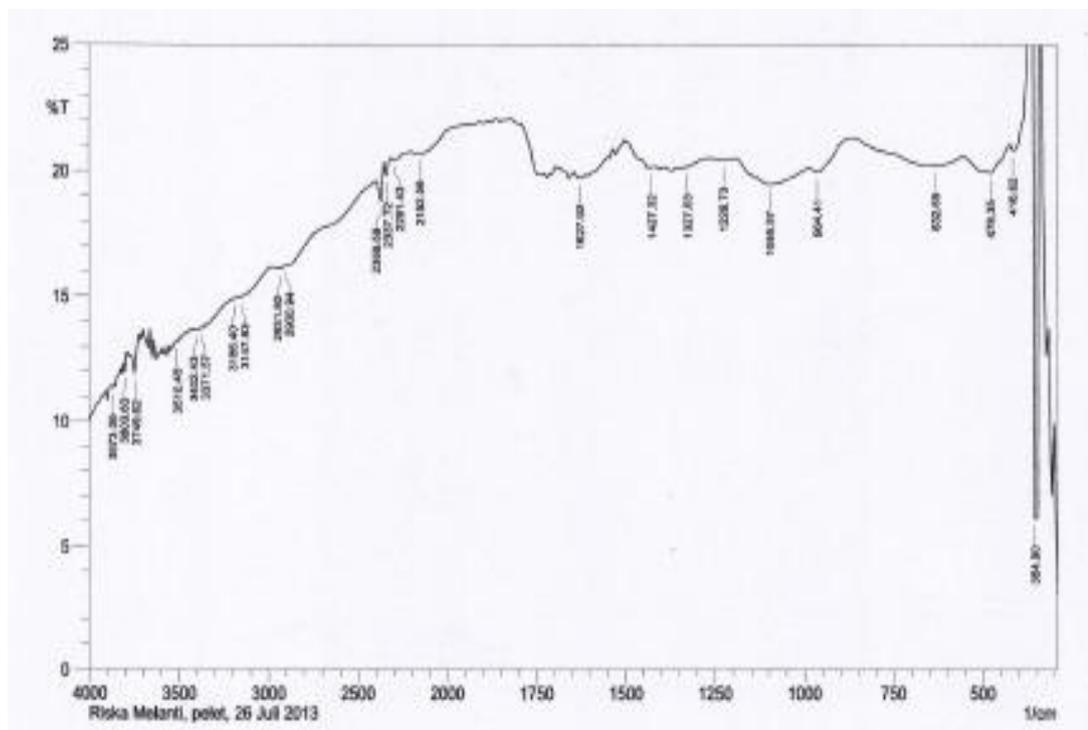


Gambar 4.3 Sari buah apel

Sebelum proses pengontakkan sari buah apel dengan *porous carbon* tersebut dilakukan pengukuran absorbansi sari buah apel pada panjang gelombang 400-800 nm. Hasil analisis menunjukkan panjang gelombang maksimum pada 800 nm dengan absorbansi  $0,428 A^0$ .

Sari buah apel juga dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer IR untuk mengetahui adanya enzim polifenol oksidase dalam sari buah apel. Sari buah apel yang telah dibuat dengan perbandingan massa apel dan volume air 100 : 100 (gram/ml) dikeringkan dengan panas matahari agar kandungan airnya hilang

kemudian dianalisis dengan spektrofotometer IR. Hasil spektrofotometer IR dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Spektrofotometer IR sari buah apel sebelum kontak dengan *porous carbon*

Metoda analisis menggunakan spektroskopi inframerah bermanfaat untuk mengetahui adanya gugus quinon yang menyebabkan efek *browning* dalam sari buah apel. Spektra IR sari buah apel pada gambar 4.4 menunjukkan beberapa puncak serapan yang karakteristik. Tabel serapan karakteristik sari buah apel dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Serapan Karakteristik Sari buah apel

$\lambda$ (cm <sup>-1</sup> )	Gugus serap
3510,45 – 3147,83	Gugus OH
2931,8 – 2900,94	Gugus C-H alkil
2368,59 – 2152,56	Gugus C $\equiv$ C
1627,92	Gugus C=C
1427,32 – 1327,03	Gugus C-H alkana
1226,73	Gugus C – O ester
1095,57	Gugus C – O eter
964,41	Gugus C-H alkena

O-Quinon merupakan senyawa fenol sehingga dengan munculnya pita serapan gugus O–H pada bilangan gelombang 3510,45 cm<sup>-1</sup>; 3402,43 cm<sup>-1</sup>; 3371,57 cm<sup>-1</sup>; 3186,4 cm<sup>-1</sup>; 3147,83 cm<sup>-1</sup>, dari spektrum IR pada gambar 4.4 dapat diketahui dalam sari buah apel terdapat enzim polifenol oksidase yang menyebabkan efek *browning*.

Tahap selanjutnya dari penelitian ini adalah sari buah apel dengan perbandingan massa apel dan volume air 300 : 100 (gram/ml) dikontakkan dengan *porous carbon* kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Hasil analisis Spektrofotometer UV-Vis sari buah apel sesudah kontak dengan *porous carbon*

No	Volume Sari Buah Apel (ml)	Suhu <i>Porous Carbon</i> (°C)	Massa <i>Porous Carbon</i> (gram)	Waktu (menit)	Absorbansi
1.	50	500	1,0	30	0,278
				60	0,269
				90	0,266
			3,0	30	0,254
				60	0,236
				90	0,225
			5,0	30	0,224
				60	0,199
				90	0,183
2.	50	600	1,0	30	0,324
				60	0,322
				90	0,31
			3,0	30	0,304
				60	0,303
				90	0,298
			5,0	30	0,296
				60	0,284
				90	0,28
3.	50	700	1,0	30	0,427
				60	0,426
				90	0,412
			3,0	30	0,404
				60	0,383
				90	0,368
			5,0	30	0,346
				60	0,337
				90	0,329

Hasil analisis spektrofotometer UV-Vis sari buah apel sebelum kontak dengan *porous carbon* diperoleh absorbansi maksimum sebesar 0,428 A°. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan hasil analisis spektrofotometer UV-Vis sari buah apel sesudah kontak dengan *porous carbon*. Berdasarkan perbandingan hasil analisis spektrofotometer UV-Vis sari buah apel sebelum dan sesudah kontak

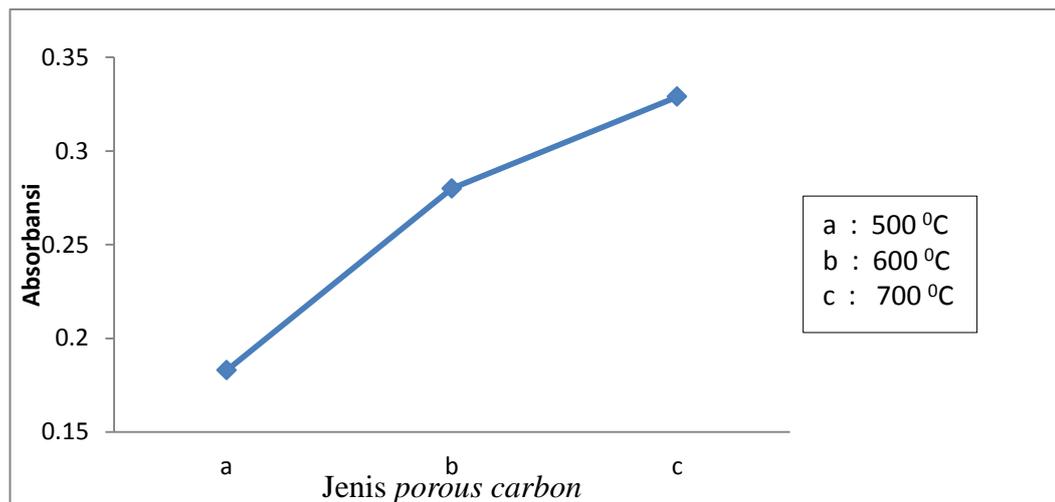
dengan *porous carbon* maka dapat diketahui bahwa terjadi penurunan absorbansi.

Besarnya penurunan absorbansi dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil penurunan absorbansi sari buah apel

N o	Volume Sari Buah Apel (ml)	Suhu <i>Porous Carbon</i> (°C)	Massa <i>Porous Carbon</i> (gram)	Waktu (menit)	Absorbansi (A°)	Penurunan Absorbansi
1.	50	500	1,0	30	0,278	0,15
				60	0,269	0,159
				90	0,266	0,162
			3,0	30	0,254	0,174
				60	0,236	0,192
				90	0,225	0,203
			5,0	30	0,224	0,204
				60	0,199	0,229
				90	0,183	0,245
2.	50	600	1,0	30	0,324	0,104
				60	0,322	0,106
				90	0,31	0,118
			3,0	30	0,304	0,124
				60	0,303	0,125
				90	0,298	0,13
			5,0	30	0,296	0,132
				60	0,284	0,144
				90	0,28	0,148
3.	50	700	1,0	30	0,427	0,001
				60	0,426	0,002
				90	0,412	0,016
			3,0	30	0,404	0,024
				60	0,383	0,045
				90	0,368	0,06
			5,0	30	0,346	0,082
				60	0,337	0,091
				90	0,329	0,099

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa semakin banyaknya massa *porous carbon* dan waktu kontak sari buah apel dengan *porous carbon* maka semakin besar penurunan absorbansi yang dapat diartikan bahwa semakin sedikit adsorpsi enzim polifenol oksidase oleh *porous carbon*.



Gambar 4.5 grafik hubungan jenis *porous carbon* versus besarnya absorbansi yang terukur

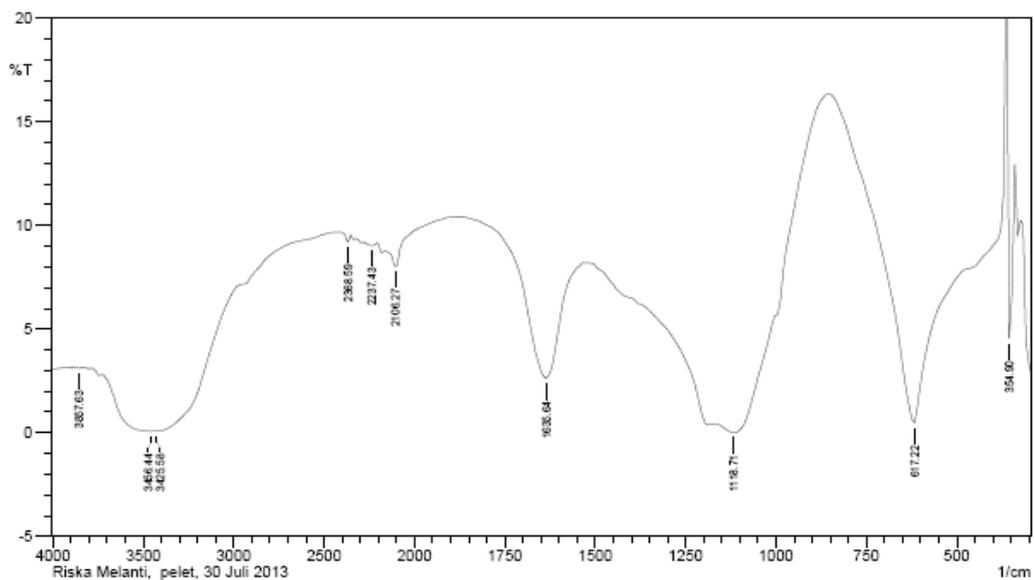
Gambar 4.5 diatas dapat dilihat bahwa semakin meningkat temperatur karbonisasi *porous carbon* maka semakin meningkat absorbansinya, hal ini dikarenakan adsorpsi enzim polifenol oksidase menurun. Menurunnya adsorpsi enzim polifenol oksidase dikarenakan berdasarkan hasil analisa BET meningkatnya temperatur karbonisasi *porous carbon* maka luas permukaan dan volume pori akan menurun.

Gambar 4.5 juga dapat diketahui semakin besar jumlah *porous carbon* yang ditambahkan dan semakin lama waktu kontak sari buah apel dengan *porous carbon* maka absorbansi juga akan semakin menurun. Semakin menurun absorbansi maka semakin banyak enzim polifenol oksidase yang diserap. Semakin

banyak *porous carbon* yang digunakan dan semakin lama waktu kontak sari buah apel dengan *porous carbon* maka semakin banyak enzim polifenol oksidase yang diserap sehingga terjadi penurunan efek *browning* sari buah apel.

Adsorpsi enzim polifenol oksidase terbaik didapatkan pada *porous carbon* pada temperatur 500 °C, hal ini dikarenakan berdasarkan hasil analisa BET di atas diketahui bahwa *porous carbon* dengan temperatur 500 °C diperoleh luas permukaan dan volume pori yang paling besar dibandingkan dengan luas permukaan dan volume pori *porous carbon* pada temperatur lainnya.

Adanya penurunan efek *browning* pada sari buah apel juga diperkuat dengan hasil analisis spektrofotometer IR yang dilakukan terhadap sari buah apel. Hasil analisa spektrofotometer IR dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil analisis spektrofotometer IR sari buah apel setelah kontak dengan *porous carbon*

Berdasarkan gambar 4.4 dan gambar 4.6, spektra IR sari buah apel sebelum dan sesudah kontak dengan *porous carbon* terlihat beberapa perbedaan. Setelah kontak dengan *porous carbon*, ada puncak-puncak yang hilang dan juga puncak yang mengalami pergeseran. Setelah kontak dengan *porous carbon*, Bilangan gelombang  $3510,45\text{ cm}^{-1}$ ;  $3402,43\text{ cm}^{-1}$ ;  $3371,57\text{ cm}^{-1}$ ;  $3186,4\text{ cm}^{-1}$ ;  $3147,83\text{ cm}^{-1}$  berkurang menjadi dua puncak serapan yaitu bilangan gelombang  $3425,58\text{ cm}^{-1}$  dan  $3456,44\text{ cm}^{-1}$  juga semakin berkurangnya intensitas pada puncak tersebut mengindikasikan bahwa gugus O-H yang semakin berkurang dikarenakan berinteraksi dengan *porous carbon*. Hasil spektra IR yang mengindikasikan semakin berkurangnya gugus O-H dan intensitas pada puncak tersebut menunjukkan bahwa enzim polifenol oksidase pada sari buah apel juga berkurang.

Berdasarkan hasil penelitian ini maka didapatkan bahwa *porous carbon* dapat digunakan untuk penurunan efek *browning* sari buah apel. Hasil optimal didapatkan pada *porous carbon* temperatur karbonisasi  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan massa porous carbon 5 gram dan waktu kontak 90 menit dengan absorbansi 0,183, dikarenakan pada temperatur tersebut memiliki luas permukaan paling besar dibandingkan dengan temperatur karbonisasi lainnya.

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Meningkatnya temperatur karbonisasi, massa *porous carbon* yang dihasilkan, luas permukaan, volume pori dan ukuran pori *porous carbon* cenderung semakin menurun serta morfologi pori tidak teratur, dalam penelitian ini temperatur karbonisasi terbaik didapatkan pada suhu 500 °C.
- 2) Semakin besar massa *porous carbon* yang ditambahkan pada sari buah apel cenderung semakin menurunkan efek *browning* sari buah apel.
- 3) Semakin lama waktu kontak *porous carbon* dengan sari buah apel cenderung semakin menurunkan efek *browning* sari buah apel.

## 5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang diperoleh dan setelah mengambil simpulan, penulis memberikan saran :

1. Pembuatan *porous carbon* perlu dilakukan pengaplikasian yang lebih luas.
2. Temperatur karbonisasi *porous carbon* belum optimum, perlu dilakukan temperatur karbonisasi di bawah 500 °C untuk mengetahui temperatur karbonisasi paling optimal.
3. Pada analisis menggunakan spektrofotometer IR sebaiknya yang diukur sari buah apelnnya.

## DAFTAR PUSTAKA

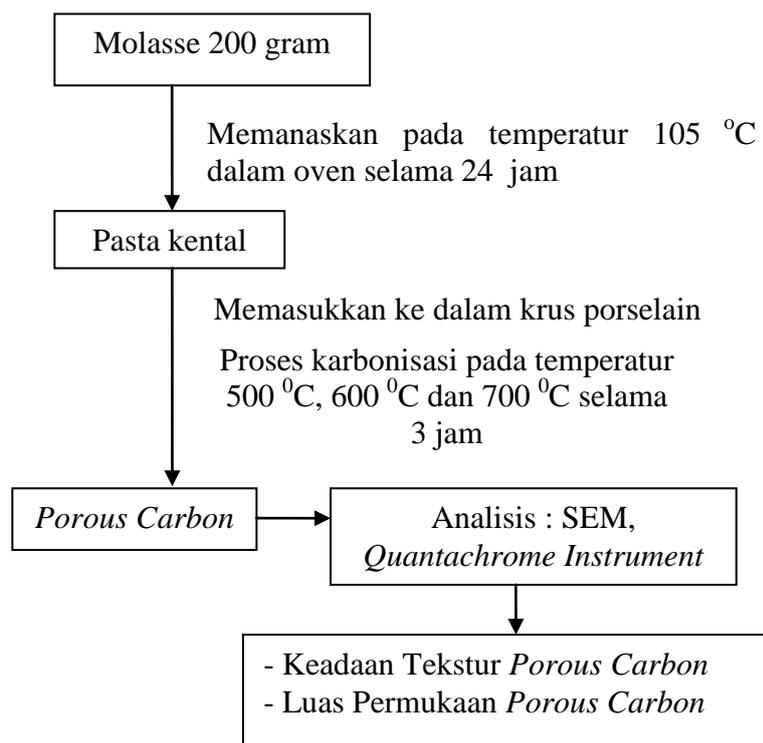
- Bastian, Februadi, Tawali, A.B., dan Laga A., 2004. Mempelajari Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu Buah Apel Varietas Red Delicious (*Malus Sylvestris*)(Study Of Effect Storage Temperature To Quality Red Delicious Apple (*Malus Sylvestris*)). Makasar : Jurusan Teknologi Pertanian, UNHAS.
- Christiane Queiros., Lopes, Maria L.M., Fialho, Eliane., and Mesquita, Vera L.V., 2008. Polyphenol Oxidase : Characteristics And Mechanisms Of Browning control, *Food Reviews International*, 24 :361-375
- Day, R.A dan Underwood, A.L. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga
- Elida, Mardiah., 1996, Penentuan Aktivitas dan Inhibisi Enzim Polifenol Oksidase Dari Apel (*Pyrus Malus(L)*). *Jurnal kimia Andalas, ISSN :C353-8018 Vol. 2, No. 2, 22-27*
- Hasan, K.H., Saad, S.A., Ismail, K.N., Ong, S.A., Ibrahim, N., and Santiago, R., 2008, Characterization of Porous Carbon Prepared from Sugarcane Bagasse at Different Temperature, *International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2008)*, 802 – 806
- Hendayana, S. 1994. *Kimia Analisis Instrumen*. Edisi Satu. IKIP Semarang Press
- Manocha M, Satish, 2003, *Porous Carbons* , Department of Materials Science, Sardar Patel University, Vallabh Vidyanagar 388 120, India
- Oey Kam Nin. 1992. *Daftar Analisis Bahan Makanan*. Jakarta : Fakultas kedokteran, UI.
- Palupi, NS., FR Zakaria., dan E prangdimurti., 2007. Pengaruh Pengolahan Terhadap Nilai Gizi Pangan , Modul *e-Learning* ENBP, Departemen Ilmu & Teknologi Pangan, IPB.
- Pertiwi, A.A.P., 2009. Pengaruh Temperatur Dan Waktu Karbonisasi Pada Sintesis *Porous Carbon* Berbahan Dasar Molase. *Skripsi*. Semarang : Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Diponegoro.
- Rafiee, Ezzat., Shahebrahimi, Shabnam., Feyzi, Mostafa., Shaterzadeh, Mahdi., 2012. Optimization of synthesis and characterization of nanosilica produced from rice husk (a common waste material). *International Nano Letter*.
- Ratningsih, Nining., 2008. Uji toksisitas Molase Terhadap respirasi Ikan Mas. *Journal Biotika, Vol.6, No.1, 22-33*

- Ruhiye Yoruk dan Marshal, Maurice R., 2003. *Physicochemical Properties And Function Of Plant Polyphenol Oxidase : A review*<sup>1</sup>, institute of food and agriculture science, Food science and human nutrition department, University of Florida.
- Salim, Marniati. 1997. Mempelajari pengaruh tirosin, asam askorbat, enzim polifenol oksidase (PPO) terhadap perubahan warna kentang (*Solanum tuberosum*), Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Andalas.
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta : Liberty.
- Simanjuntak, R., 2009. Studi Pembuatan Etanol Dari Limbah Gula, Skripsi, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Triyani, Vivi., 2010. Pengaruh *Porous Carbon* Terhadap Fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  Sebagai Proses Degradasi Zat Warna *Remazol Black B*, Skripsi. Semarang : Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Diponegoro.
- Wenzhong shen., Zhijie, Li., dan Liu, Yihong., 2008. Surface Chemical Function Group Modification Of Porous Carbon, *Recent Patents On Chemical Engineering, Vol. 1, No.1, 27 – 40*
- Winarno, F.G., 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Wulansari, N., 2009. Pengaruh Perasan Buah Apel (*Malus Domestika Borkh*) Fuji RRC Terhadap Farmakokinetika Paracetamol Yang Diberikan Bersama Secara Oral Pada Kelinci Jantan, Skripsi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

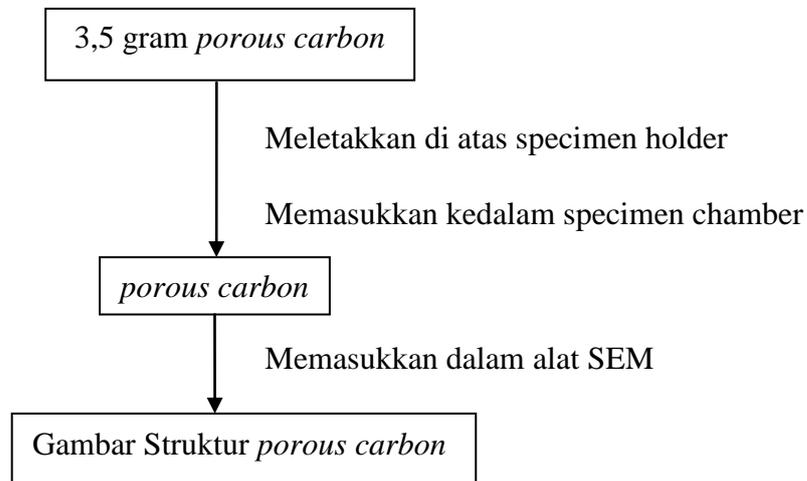
## LAMPIRAN-LAMPIRAN

### Lampiran 1. Prosedur atau Skema Kerja Penelitian

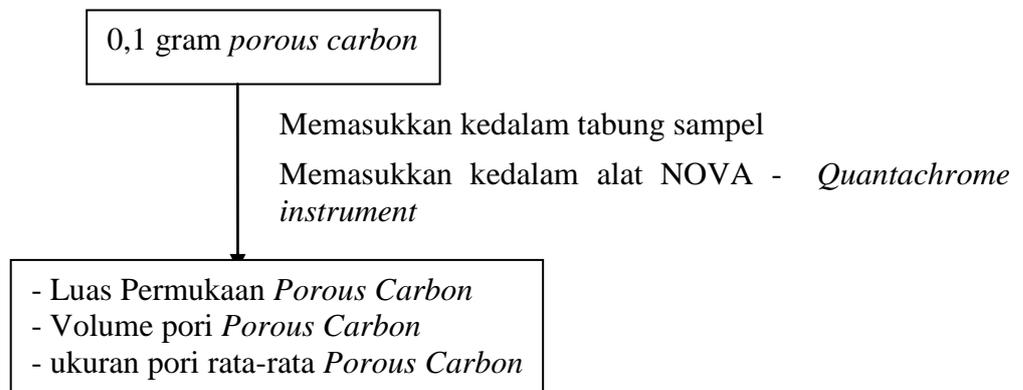
#### 1. Karbonisasi *porous carbon*



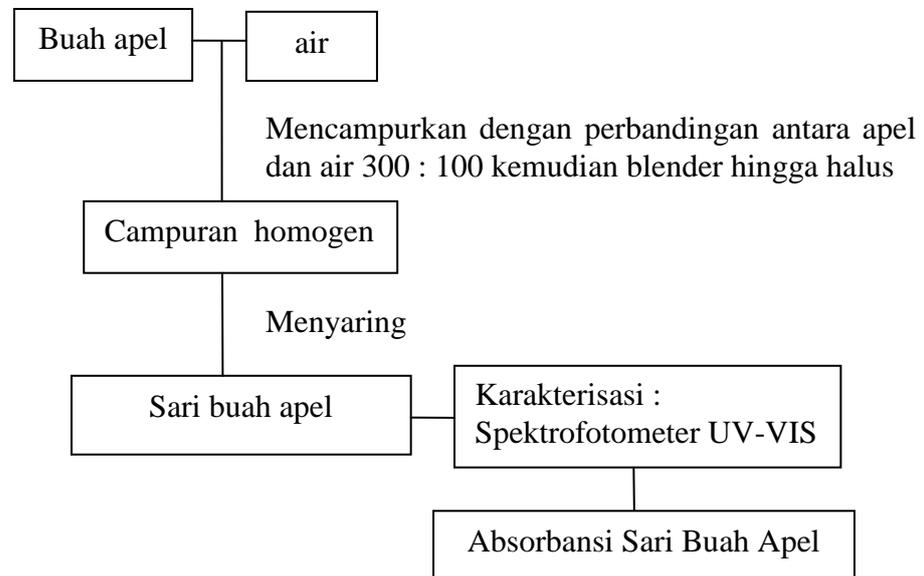
**2. Analisis *porous carbon* menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)**



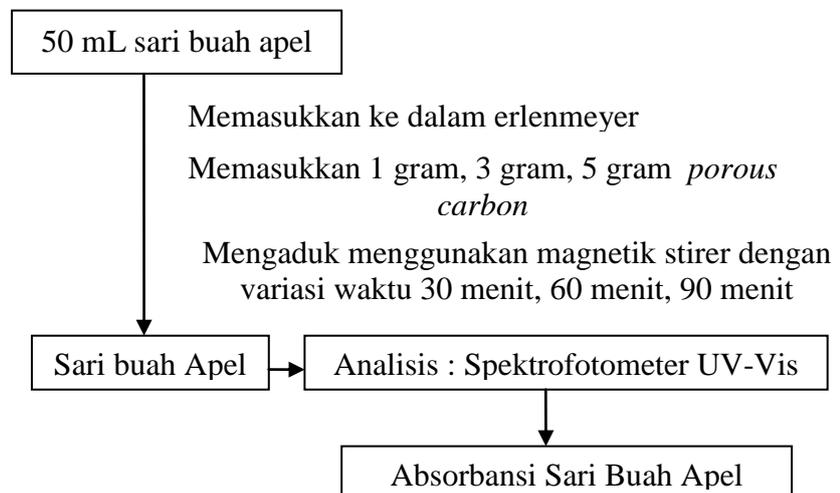
**3. Analisis *porous carbon* menggunakan NOVA-*Quantachrome instrument***



#### 4. Pembuatan sari buah apel

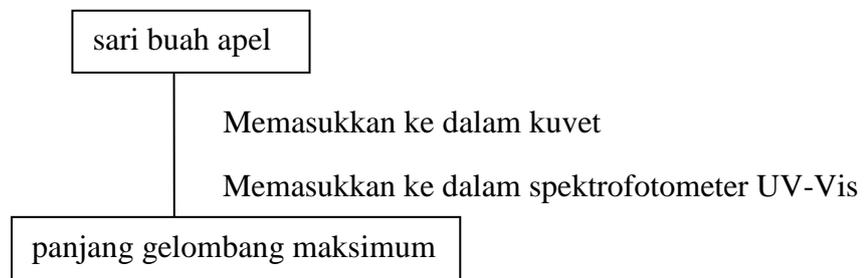


#### 5. Proses penurunan efek *browning* sari buah apel

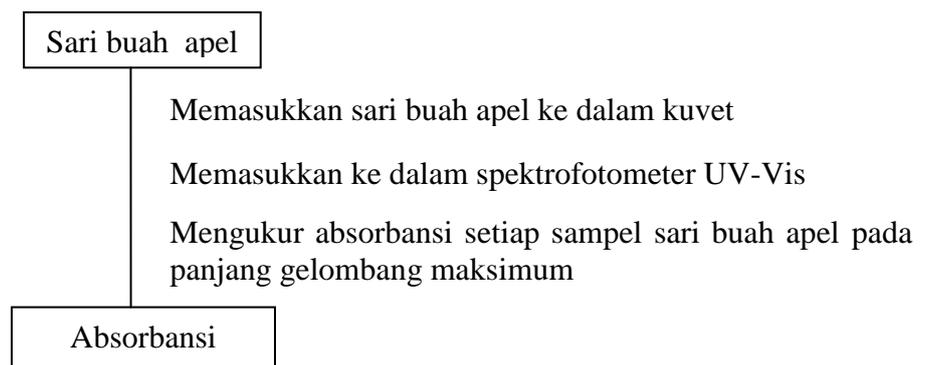


## 6. Karakterisasi Sari buah apel menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

### 1. Sebelum kontak dengan *porous carbon*

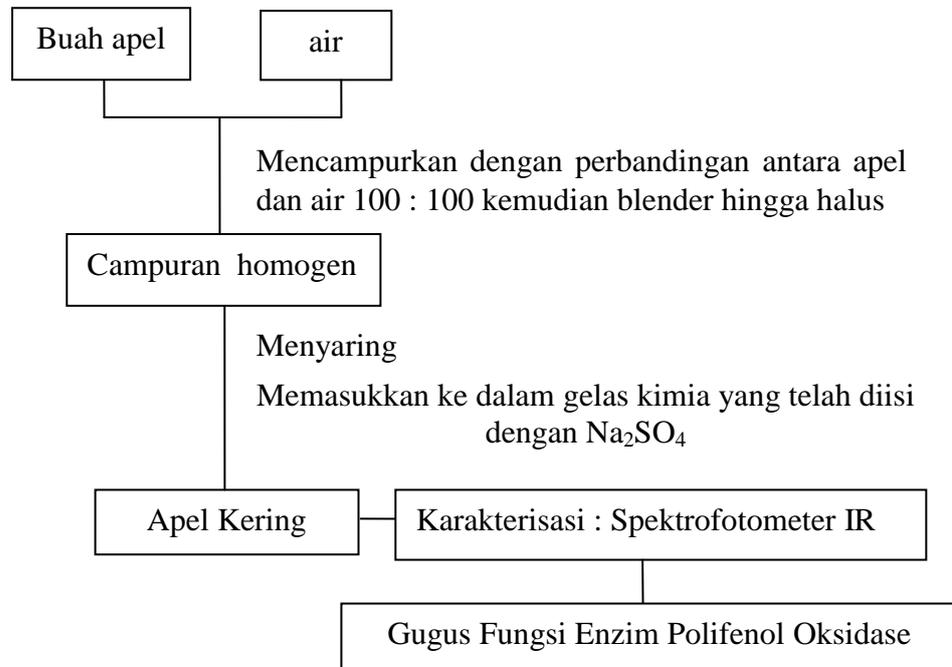


### 2. Sesudah kontak dengan *porous carbon*

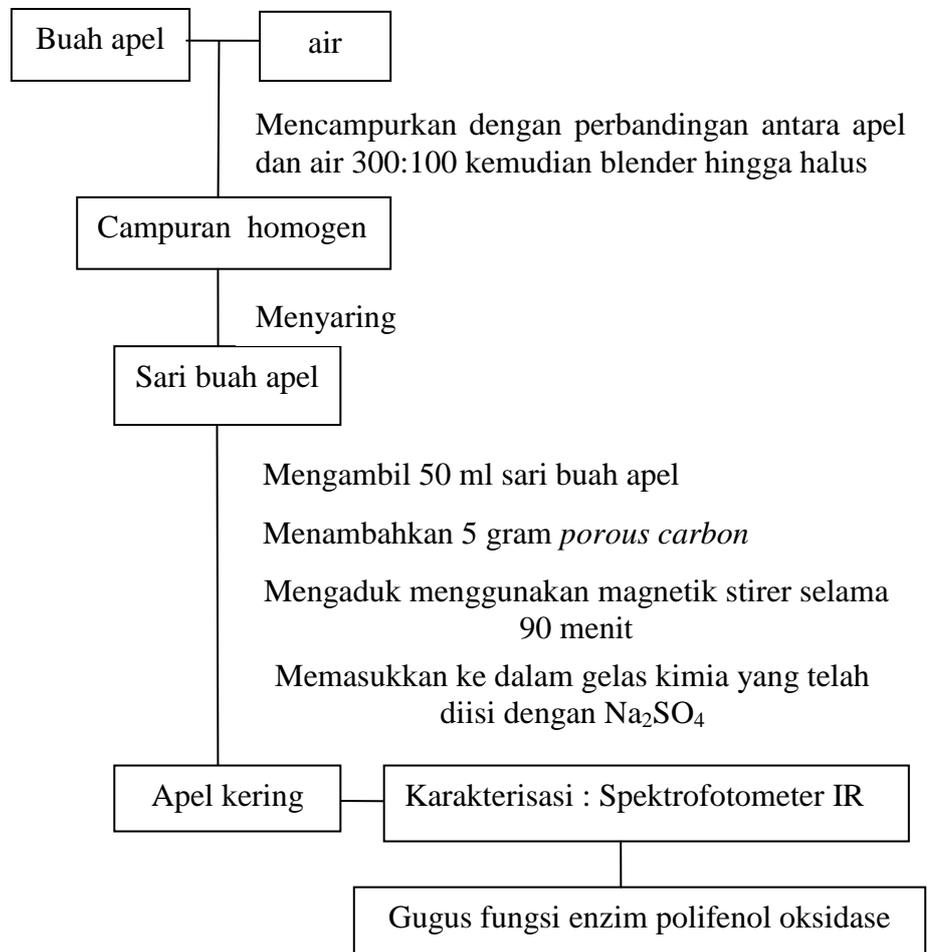


## 7. Karakterisasi sari buah apel menggunakan Spektrofotometer IR

### 1. Sebelum kontak dengan *porous carbon*



## 2. Sesudah kontak dengan *porous carbon*



## Lampiran 2. Perhitungan penyusutan massa *porous carbon*

$$\% \text{ penyusutan} = \frac{\text{massa awal molase} - \text{massa } porous \text{ carbon}}{\text{massa awal molase}} \times 100 \%$$

### 1. Penyusutan massa *porous carbon* pada temperatur 500 °C

$$\begin{aligned} \text{a. } \% \text{ penyusutan} &= \frac{200,0023 - 24,8034}{200,0023} \times 100 \% \\ &= 87,59 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \% \text{ penyusutan} &= \frac{30,0034 - 4,0024}{30,0034} \times 100 \% \\ &= 86,66 \% \end{aligned}$$

### 2. Penyusutan massa *porous carbon* pada temperatur 600 °C

$$\begin{aligned} \text{a. } \% \text{ penyusutan} &= \frac{200,0026 - 21,3114}{200,0026} \times 100 \% \\ &= 89,34 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \% \text{ penyusutan} &= \frac{85,0042 - 8,3412}{85,0042} \times 100 \% \\ &= 90,18 \% \end{aligned}$$

### 3. Penyusutan massa *porous carbon* pada temperatur 700 °C

$$\begin{aligned} \text{a. } \% \text{ penyusutan} &= \frac{200,0083 - 13,6311}{200,0083} \times 100 \% \\ &= 93,18 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \% \text{ penyusutan} &= \frac{250,0015 - 15,7637}{250,0015} \times 100 \% \\ &= 92,11 \% \end{aligned}$$

**Lampiran 3. Perhitungan penurunan absorbansi sari buah apel**

Penurunan absorbansi = absorbansi sebelum – absorbansi sesudah kontak

1. Penurunan absorbansi pada 500 °C, massa *porous carbon* 1 gram , waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,278 \\ &= 0,15\end{aligned}$$

2. Penurunan absorbansi pada 500 °C, massa *porous carbon* 1 gram , waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,269 \\ &= 0,159\end{aligned}$$

3. Penurunan absorbansi pada 500 °C, massa *porous carbon* 1 gram , waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,266 \\ &= 0,162\end{aligned}$$

4. Penurunan absorbansi pada 500 °C, massa *porous carbon* 3 gram , waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,254 \\ &= 0,174\end{aligned}$$

5. Penurunan absorbansi pada 500 °C, massa *porous carbon* 3 gram , waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,236 \\ &= 0,192\end{aligned}$$

6. Penurunan absorbansi pada 500 °C, massa *porous carbon* 3 gram , waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,225 \\ &= 0,203\end{aligned}$$

7. Penurunan absorbansi pada 500 °C, massa *porous carbon* 5 gram , waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,224 \\ &= 0,204\end{aligned}$$

8. Penurunan absorbansi pada 500 °C, massa *porous carbon* 5 gram , waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,199 \\ &= 0,229\end{aligned}$$

9. Penurunan absorbansi pada 500 °C, massa *porous carbon* 5 gram , waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,183 \\ &= 0,245\end{aligned}$$

10. Penurunan absorbansi pada 600 °C, massa *porous carbon* 1 gram , waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,324 \\ &= 0,104\end{aligned}$$

11. Penurunan absorbansi pada 600 °C, massa *porous carbon* 3 gram , waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,322 \\ &= 0,106\end{aligned}$$

12. Penurunan absorbansi pada 600 °C, massa *porous carbon* 5 gram , waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,31 \\ &= 0,118\end{aligned}$$

13. Penurunan absorbansi pada 600 °C, massa *porous carbon* 1 gram , waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,304 \\ &= 0,124\end{aligned}$$

14. Penurunan absorbansi pada 600 °C, massa *porous carbon* 3 gram , waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,303 \\ &= 0,125\end{aligned}$$

15. Penurunan absorbansi pada 600 °C, massa *porous carbon* 5 gram , waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,298 \\ &= 0,13\end{aligned}$$

16. Penurunan absorbansi pada 600 °C, massa *porous carbon* 1 gram , waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,296 \\ &= 0,132\end{aligned}$$

17. Penurunan absorbansi pada 600 °C, massa *porous carbon* 3 gram , waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,284 \\ &= 0,144\end{aligned}$$

18. Penurunan absorbansi pada 600 °C, massa *porous carbon* 5 gram , waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,28 \\ &= 0,148\end{aligned}$$

19. Penurunan absorbansi pada 700 °C, massa *porous carbon* 1 gram , waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,427 \\ &= 0,001\end{aligned}$$

20. Penurunan absorbansi pada 700 °C, massa *porous carbon* 3 gram , waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,426 \\ &= 0,002\end{aligned}$$

21. Penurunan absorbansi pada 700 °C, massa *porous carbon* 5 gram , waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,412 \\ &= 0,016\end{aligned}$$

22. Penurunan absorbansi pada 700 °C, massa *porous carbon* 1 gram , waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,404 \\ &= 0,024\end{aligned}$$

23. Penurunan absorbansi pada 700 °C, massa *porous carbon* 3 gram , waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,383 \\ &= 0,045\end{aligned}$$

24. Penurunan absorbansi pada 700 °C, massa *porous carbon* 5 gram , waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,368 \\ &= 0,06\end{aligned}$$

25. Penurunan absorbansi pada 700 °C, massa *porous carbon* 1 gram , waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,346 \\ &= 0,082\end{aligned}$$

26. Penurunan absorbansi pada 700 °C, massa *porous carbon* 3 gram , waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,337 \\ &= 0,091\end{aligned}$$

27. Penurunan absorbansi pada 700 °C, massa *porous carbon* 5 gram , waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Penurunan absorbansi} &= 0,428 - 0,329 \\ &= 0,099\end{aligned}$$

#### Lampiran 4. Foto-foto Penelitian



Gambar 1. Sari Buah Apel



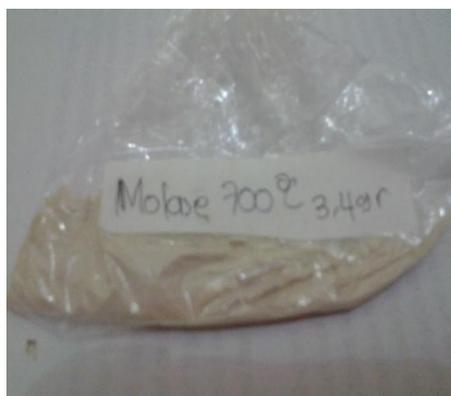
Gambar 2. Apel setelah di blender



Gambar 4. Molase



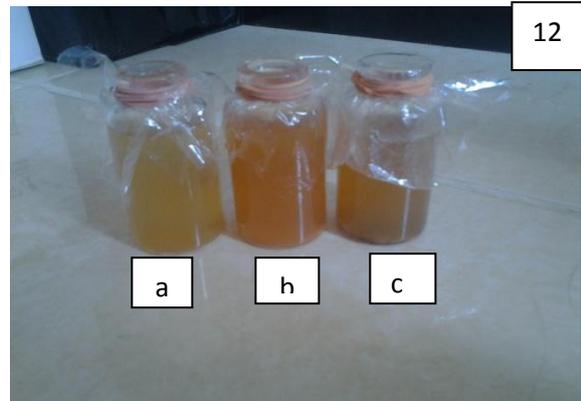
Gambar 5. Hasil pengovenan

Gambar 6. *Porous Carbon* suhu 500 °CGambar 7. *Porous Carbon* suhu 600 °CGambar 8. *Porous Carbon* suhu 700 °C

Gambar 9. Magnetik stirer

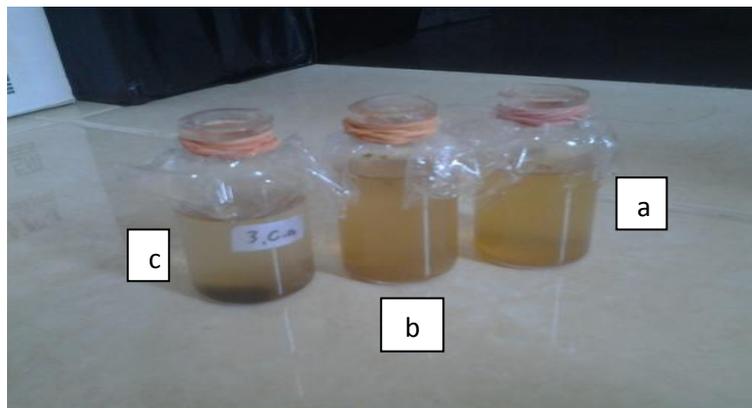


Gambar 10. Neraca Analitik



Gambar 11. Oven

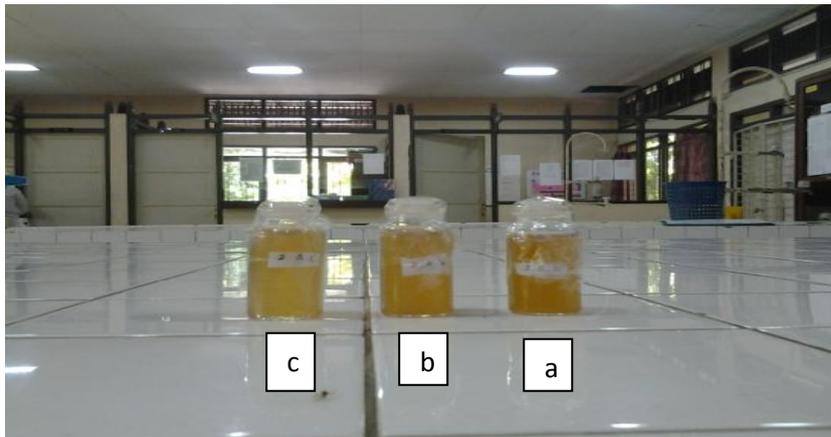
Gambar 12. Hasil kontak sari buah apel dengan 1 gram *porous carbon* suhu 500 °C (a.30 menit ; b. 60 menit ; c. 90 menit)



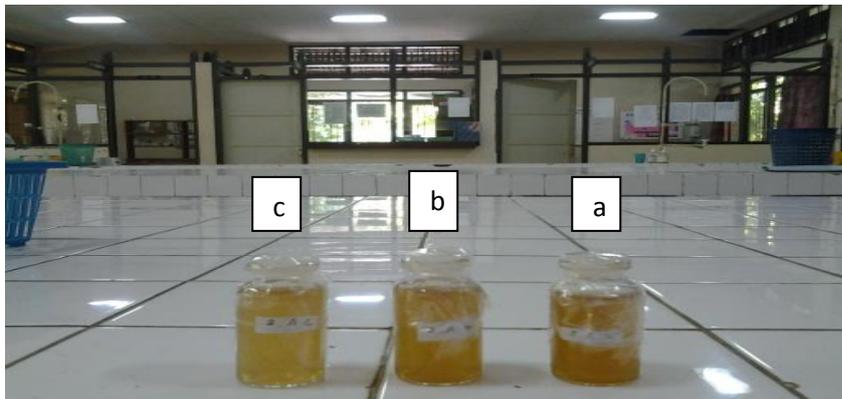
Gambar 13. Hasil kontak sari buah apel dengan 3 gram *porous carbon* suhu 500 °C (a.30 menit ; b. 60 menit ; c. 90 menit)



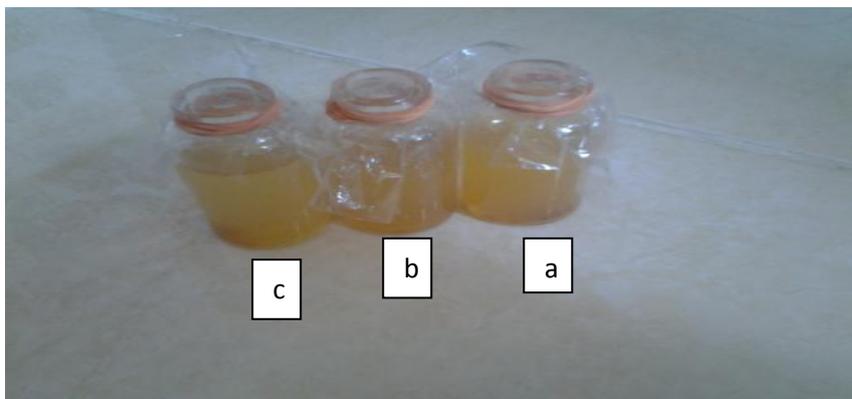
Gambar 14. Hasil kontak sari buah apel dengan 5 gram *porous carbon* suhu 500 °C (a.30 menit ; b. 60 menit ; c. 90 menit)



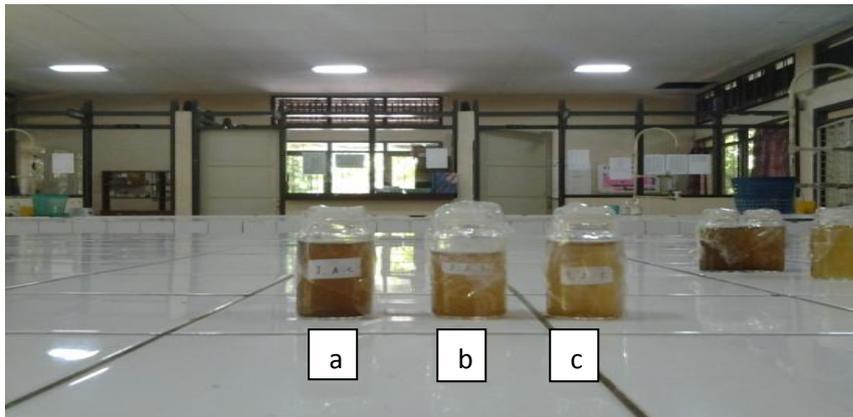
Gambar 15. Hasil kontak sari buah apel dengan 1 gram *porous carbon* suhu 600 °C (a.30 menit ; b. 60 menit ; c. 90 menit)



Gambar 16. Hasil kontak sari buah apel dengan 3 gram *porous carbon* suhu 600 °C (a.30 menit ; b. 60 menit ; c. 90 menit)



Gambar 17. Hasil kontak sari buah apel dengan 5 gram *porous carbon* suhu 600 °C (a.30 menit ; b. 60 menit ; c. 90 menit)



Gambar 18. Hasil kontak sari buah apel dengan 1 gram *porous carbon* suhu 700 °C (a.30 menit ; b. 60 menit ; c. 90 menit)



Gambar 19. Hasil kontak sari buah apel dengan 3 gram *porous carbon* suhu 700 °C (a.30 menit ; b. 60 menit ; c. 90 menit)



Gambar 20. Hasil kontak sari buah apel dengan 5 gram *porous carbon* suhu 700 °C (a.30 menit ; b. 60 menit ; c. 90 menit)

## Lampiran 5. Hasil BET Porous Carbon



### LABORATORIUM PUSAT TEKNOLOGI AKSELERATOR DAN PROSES BAHAN – BATAN

Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 Ykbb, Yogyakarta 55281, Telp. (62) (0274) 488435, 484436, Fax. (0274) 489762

---

Form-29/Sert/Uji, Nomor : 077/APB/VI/2013  
Number :  
Halaman : 1 dari 1  
Page :

### Sertifikat Pengujian Test Certificate

**Dibuat untuk / Certified for** : Riska Melanti  
**Jenis / Nama Contoh / Type / Name of sample** : Abu Molase  
**Asal Contoh / Origin of sample** : Riska Melanti  
**Jumlah Contoh / Amount of sample** : 3 (tiga)  
**Kode Contoh / Sample Code** : 098/P/APB/13  
**Parameter** : Luas muka spesifik, volume pori total dan jari-jari pori rerata  
**Tanggal Pengambilan Contoh / Sample taken on** : —  
**Tanggal Penerimaan Contoh / Sample received on** : 05 Juni 2013  
**Tanggal Pengujian Contoh / Sample tested on** : 24 – 25 Juni 2013

### Hasil Pengujian Test Result

Nama Contoh	Kode Contoh	Label	Parameter	Hasil Uji	Satuan	Metode Uji
Abu Molase	098/P/APB/13–A	500 °C	Luas muka spesifik	14,511	m <sup>2</sup> /g	001/MU/SAA/05
			Volume pori total	16,229 x 10 <sup>-3</sup>	cc/g	001/MU/SAA/05
			Jari-jari pori rerata	22,369	Angstrom	001/MU/SAA/05
	098/P/APB/13–B	600 °C	Luas muka spesifik	8,412	m <sup>2</sup> /g	001/MU/SAA/05
			Volume pori total	7,979 x 10 <sup>-3</sup>	cc/g	001/MU/SAA/05
			Jari-jari pori rerata	18,972	Angstrom	001/MU/SAA/05
098/P/APB/13–C	700 °C	Luas muka spesifik	5,615	m <sup>2</sup> /g	001/MU/SAA/05	
		Volume pori total	7,264 x 10 <sup>-3</sup>	cc/g	001/MU/SAA/05	
			Jari-jari pori rerata	25,875	Angstrom	001/MU/SAA/05

Yogyakarta, 27 Februari 2013  
 Manajer Teknik,  
 Prof. Drs. H. Samin Prihatin  
 NIP. 19551205 197803 1 002

**Catatan / Note** : 1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji  
 These test result are only valid for the tested samples  
 2. Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak/digandakan tanpa ijin dari Manajer Teknik Laboratorium  
 The certificate shall not be reproduced (copied) without the written permission of the Laboratory Technical Manager

d. *Porous Carbon Suhu 500 °C*

Quantachrome Corporation NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00 File Name = 98a-13.dat			
User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 098/P/APB/13 A	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1800 g	Sample Volume	= 0.1800 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 746.60 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 11:00:29 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 12:03:31 2013
Multi BET (Adsorption)			
P/Po		BET Transform (1/(W[Po/P - 1]))	
0.041206		15.304122	
0.077370		25.002282	
0.145160		41.073436	
0.198754		52.720585	
0.248410		64.092980	
Slope	=	233.569116	
Intercept	=	6.429854	
Correlation Coefficient	=	0.999523	
BET C	=	37.325728	
Surface Area	=	2.611899 sq m	
Specific Surface Area	=	14.510548 sq m/g	

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98a-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 098/P/APB/13 A	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1800 g	Sample Volume	= 0.1800 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 746.60 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 11:00:29 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 12:03:31 2013

Pore Radius (Ang)	BJH (Adsorption) Cumulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cummulative Pore Volume (cc/g e-03)
658.795492	8353.721210	13.797472
177.116030	8331.711486	13.072477
103.517867	8233.085163	12.199062
72.975006	8041.060481	11.205163
58.839783	7210.755876	8.175589
50.066636	7092.187046	7.826760
42.637098	6860.268189	7.246190
37.243972	6672.205794	6.845269
32.866772	6413.272991	6.363084
29.392573	6032.429105	5.737229
26.538332	5690.146263	5.234200
24.052828	5250.756421	4.651167
21.965165	4729.077534	4.023774
20.227181	4191.957588	3.433878
18.665863	3766.463625	3.003550
17.248307	3144.731316	2.423292
16.026262	2449.060749	1.823335
14.884576	1731.684814	1.248492
13.805710	746.663583	0.515411

Total Pore Volume is 16.229244 e-03 cc/g for  
all pores less than 1058.538129 Angstrom.

Average pore radius is 22.368892 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98a-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 098/P/APB/13 A	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1800 g	Sample Volume	= 0.1800 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 746.60 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 11:00:29 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 12:03:31 2013

Pore Radius (Ang)	DVR (Adsorption)	
	Pore Area (sq m/A/g e-03)	Pore Volume (cc/A/g e-03)
658.795492	0.025664	0.000845
177.116030	0.932784	0.008261
103.517867	4.631220	0.023971
72.975006	42.313612	0.154392
58.839783	13.710852	0.040337
50.066636	26.062736	0.065244
42.637098	31.550958	0.067262
37.243972	53.657500	0.099921
32.866772	96.937921	0.159302
29.392573	113.351474	0.166585
26.538332	163.413509	0.216836
24.052828	228.587281	0.274909
21.965165	283.719315	0.311597
20.227181	268.818485	0.271872
18.665863	403.773346	0.376839
17.248307	537.070344	0.463178
16.026262	624.464639	0.500392
14.884576	868.177632	0.646123
13.805710	729.771365	0.503751

Total Pore Volume is 16.229244 e-03 cc/g for  
all pores less than 1058.538129 Angstrom.

Average pore radius is 22.368892 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98a-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 098/P/APB/13 A	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1800 g	Sample Volume	= 0.1800 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 746.60 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 11:00:29 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 12:03:31 2013

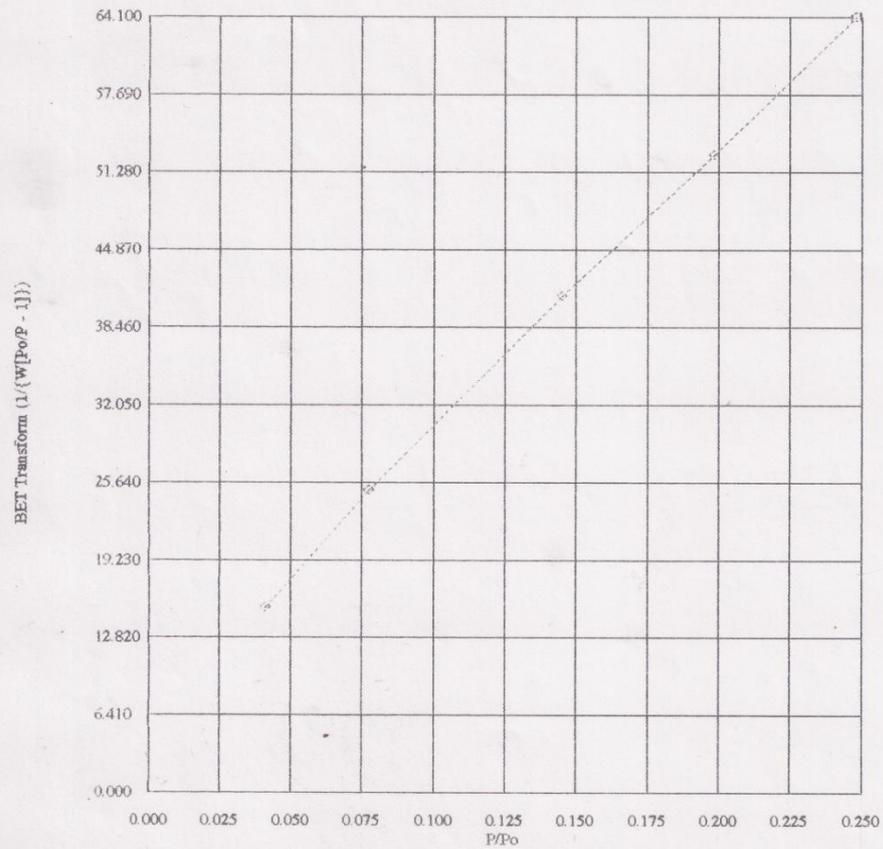
## ISOTHERM (Adsorption)

P/Po	Volume (cc/g)
0.041206	2.246883
0.077370	2.683605
0.145160	3.307915
0.198754	3.764635
0.248410	4.126011
0.287651	4.267410
0.324771	4.452312
0.362863	4.691464
0.398238	4.891276
0.434515	5.102645
0.473139	5.316906
0.508355	5.489179
0.545354	5.715870
0.583761	5.962540
0.621985	6.202142
0.657784	6.419241
0.695773	6.691002
0.732693	6.917965
0.767901	7.121191
0.806421	7.415377
0.833544	7.607076
0.874037	9.056824
0.917199	9.575380
0.956119	10.061390
0.991013	10.506794

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98a-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 098/F/APB/13 A	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1800 g	Sample Volume	= 0.1800 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 746.60 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 11:00:29 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 12:03:31 2013

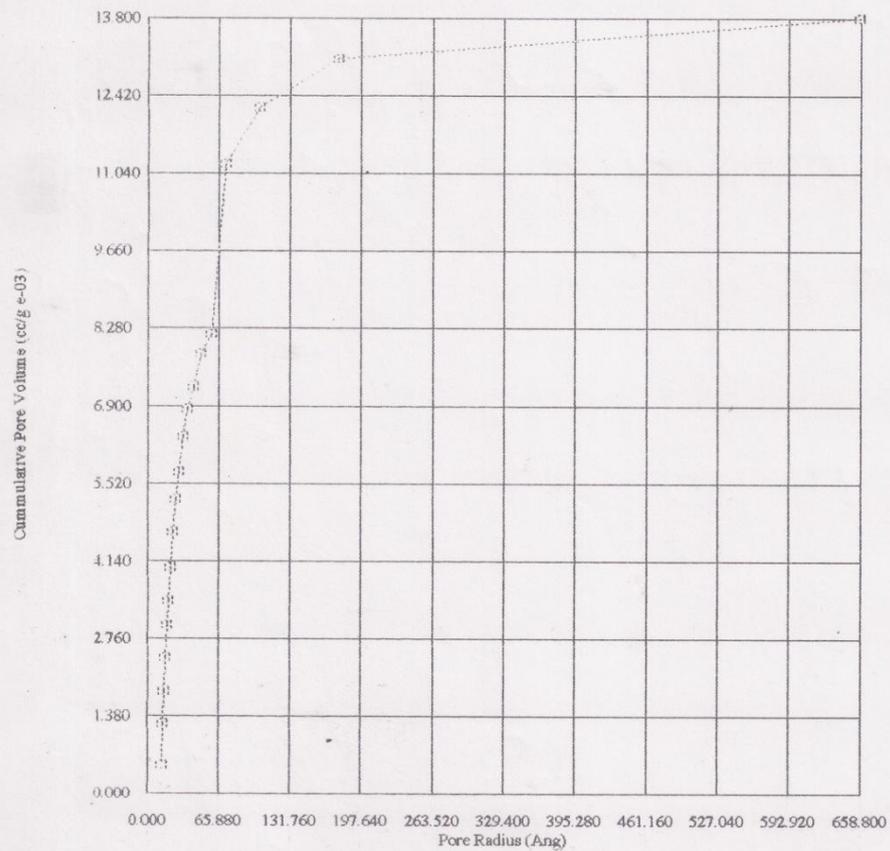
## Multi BET (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98a-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 098/P/APB/13 A	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1800 g	Sample Volume	= 0.1800 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 746.60 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Description Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Description Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Description Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 11:00:29 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 12:03:31 2013

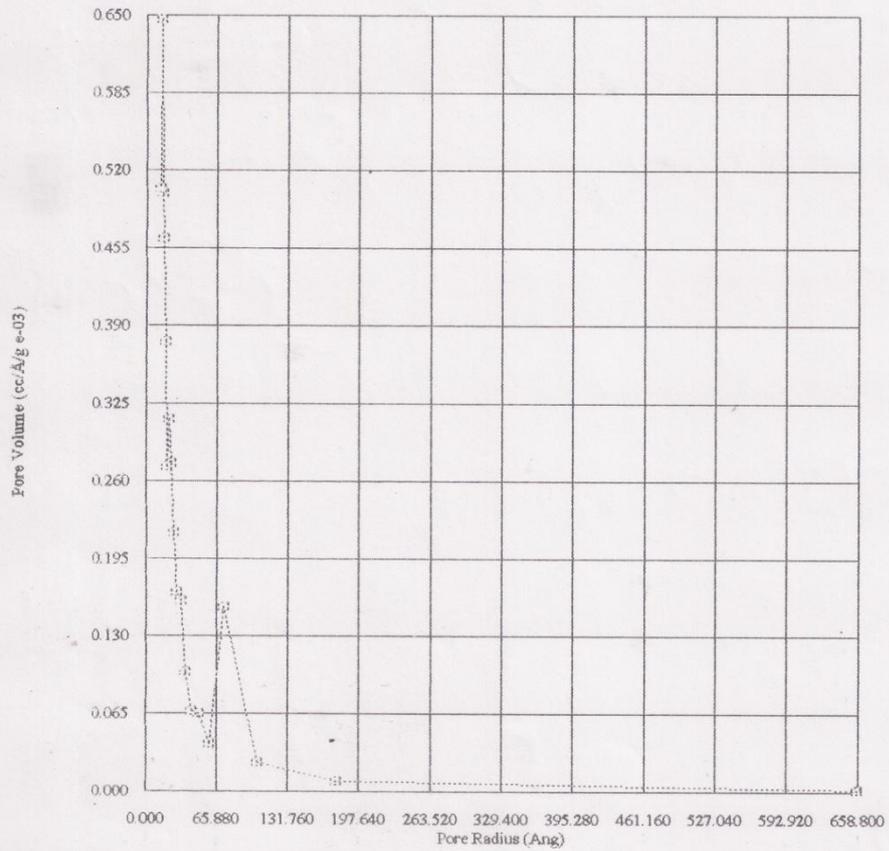
BJH (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 96a-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 098/P/APB/13 A	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1800 g	Sample Volume	= 0.1800 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 746.60 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 11:00:29 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 12:03:31 2013

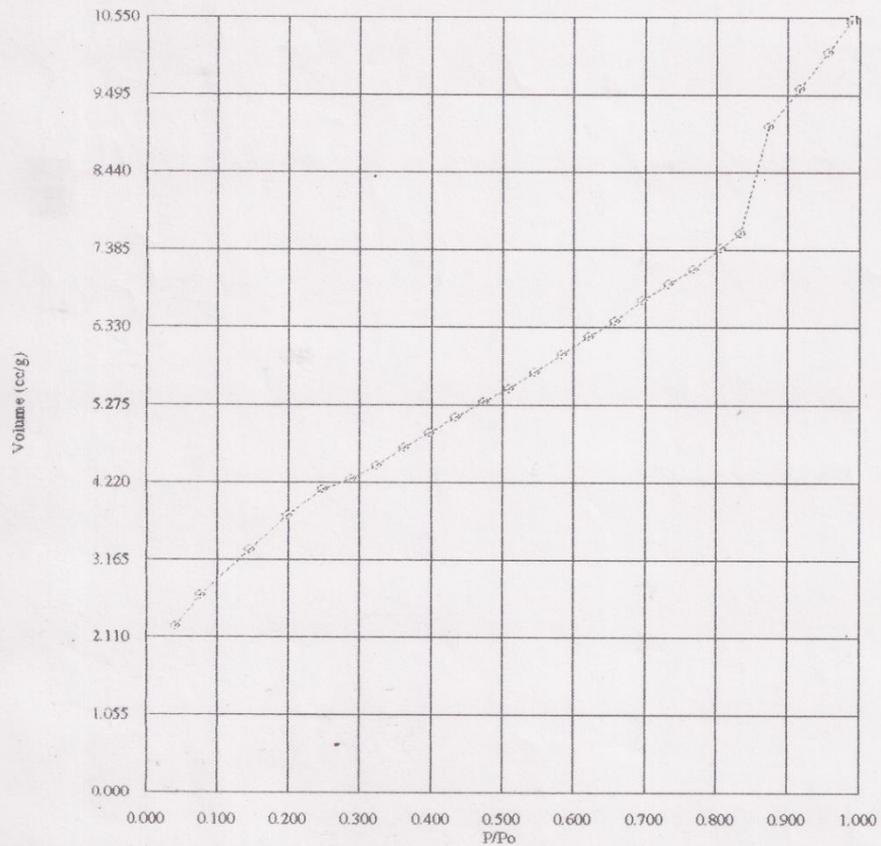
DVR (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98a-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 098/P/APE/13 A	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1800 g	Sample Volume	= 0.1800 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 746.60 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 11:00:29 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 12:03:31 2013

ISOTHERM (Adsorption)



## e. Porous Carbon Suhu 600 °C

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98b-13.dat

User ID	=	User Setup	=	5
Sample ID	=	Sample Cell Number	=	2
Sample Weight	=	Sample Volume	=	0.1960 cc
Sample Density	=			
Po Type	=	Po	=	747.04 mm Hg
Adsorbate	=	Bath Temperature	=	77.40 deg K
Adsorption Tolerance	=	Desorption Tolerance	=	0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	=	Desorption Equil Time	=	0 sec
Adsorption Dwell Time	=	Desorption Dwell Time	=	0 sec
Analysis Start Time	=	Analysis End Time	=	Mon Jun 24 12:55:18 2013

Po	P/Po	Po	BET Transform	Total Pore Volume
(mm Hg)		(mm Hg)	(1/(W[Po/P - 1]))	(cc)
391.0200	0.043718	4721.482300	35.550578	0.000000
103.52300	0.066915	4711.11714	46.512635	0.00131
109.62900	0.142970	4676.409800	76.523694	0.00228
75.211400	0.198192	4605.728498	96.752427	0.00301
59.158800	0.249156	4594.258270	117.692012	0.00364
50.221200		4614.462096		0.00398
41.289700	Slope	4188.972141	=	394.734917
36.712900	Intercept	4063.723419	=	19.268311
31.078200	Correlation Coefficient	4767.332904	=	0.999691
29.412770	BET C	4761.549581	=	21.486223
26.351000		3472.273254		0.003982
24.209400	Surface Area	3253.171930	=	1.648715 sq m
22.123300	Specific Surface Area	37.411366	=	8.411810 sq m/g
20.017800		1566.902589		0.00404
18.786200		2220.077024		1.782794
17.570500		1781.000923		1.983080
16.018200		1386.488229		1.941284
14.876000		876.209136		0.632108
13.227800		340.498712		0.241081

Total Pore Volume is 7.97920 cc/g (at Pp = 0.999999 mm Hg)  
 at Pp = 0.999999 mm Hg  
 Average pore radius is 18.971708 Angstroms

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98b-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 98/P/APB/13 B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1960 g	Sample Volume	= 0.1960 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 747.04 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 12:55:18 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 13:48:50 2013

Pore Radius (Ang)	BJH (Adsorption)	
	Cumulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cumulative Pore Volume (cc/g e-03)
834.096078	4721.482300	6.733634
165.525953	4711.111714	6.301131
109.629037	4676.409800	6.013928
75.211667	4605.728498	5.626491
59.188942	4494.568270	5.208464
50.221245	4424.463896	5.000994
41.900705	4283.952743	4.648162
36.712976	4062.722418	4.184676
33.078211	3947.393904	3.972974
29.412772	3703.545941	3.569671
26.551020	3472.293594	3.229582
24.209409	3253.121936	2.938621
22.122511	2937.611566	2.556705
20.317809	2566.504269	2.146214
18.726267	2220.079936	1.794284
17.300200	1781.866927	1.383980
16.018287	1386.408539	1.041904
14.876035	878.493156	0.635108
13.827838	349.498715	0.241641

Total Pore Volume is 7.979320 e-03 cc/g for  
all pores less than 1437.195262 Angstrom.

Average pore radius is 18.971708 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98b-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 98/P/APB/13 B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1960 g	Sample Volume	= 0.1960 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 747.04 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 12:55:18 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 13:48:50 2013

Pore Radius (Ang)	DVR (Adsorption)	
	Pore Area (sq m/Å/g e-03)	Pore Volume (cc/Å/g e-03)
834.096078	0.008162	0.000340
165.525953	0.521345	0.004315
109.629037	1.562657	0.008566
75.211667	4.709530	0.017711
59.188942	8.304045	0.024575
50.221245	14.801244	0.037167
41.900705	30.950478	0.064842
36.712976	35.732230	0.065592
33.078211	60.329229	0.099779
29.412772	70.312483	0.103404
26.551020	90.024392	0.119512
24.209409	140.311477	0.169843
22.122511	192.767713	0.213225
20.317809	205.684463	0.208953
18.726267	292.369595	0.273750
17.300200	292.217400	0.252771
16.018287	419.583113	0.336050
14.876035	492.555792	0.366364
13.827838	341.835831	0.236343

Total Pore Volume is 7.979320 e-03 cc/g for  
all pores less than 1437.195262 Angstrom.

Average pore radius is 18.971708 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98b-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 98/P/APB/13 B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1950 g	Sample Volume	= 0.1960 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 747.04 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 12:55:18 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 13:48:50 2013

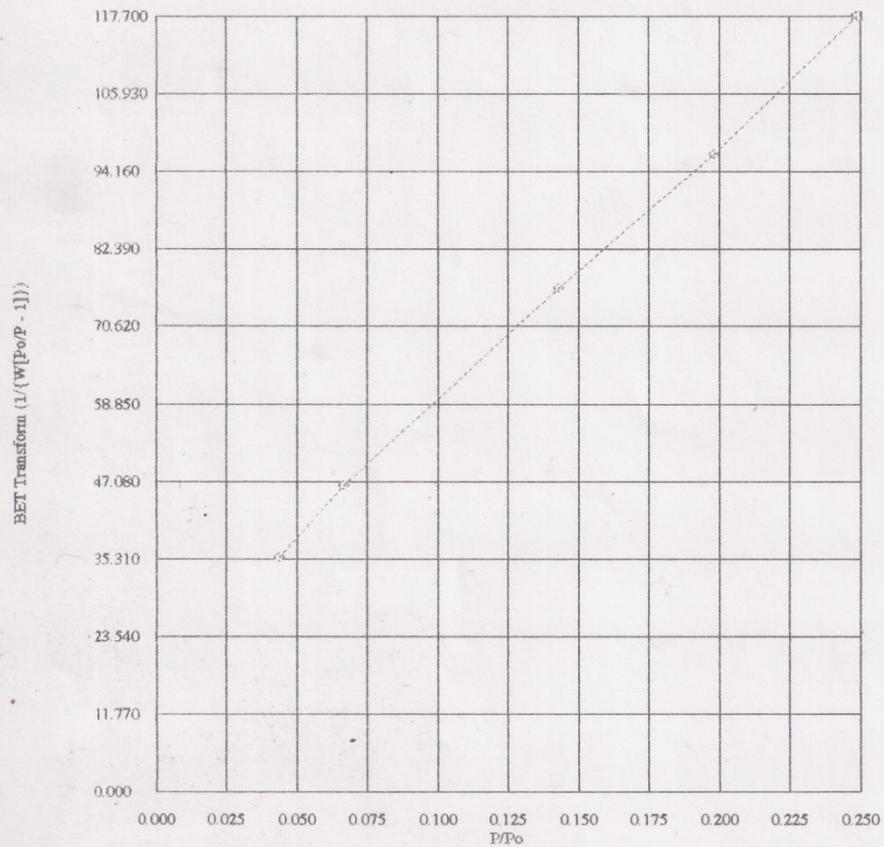
## ISOTHERM (Adsorption)

P/Po	Volume (cc/g)
0.043718	1.028919
0.066915	1.233636
0.142970	1.744247
0.198192	2.044119
0.249156	2.255939
0.288495	2.314738
0.325532	2.407744
0.361614	2.535868
0.398911	2.670373
0.436661	2.791230
0.474080	2.932734
0.511300	3.060712
0.548493	3.209131
0.585921	3.352478
0.620491	3.468154
0.659448	3.606611
0.698075	3.772036
0.723401	3.863484
0.767163	4.065110
0.808049	4.227631
0.834208	4.327107
0.880350	4.535208
0.922366	4.739325
0.949021	4.896560
0.993373	5.165803

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98b-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 98/P/APE/13 B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1960 g	Sample Volume	= 0.1960 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 747.04 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 12:55:18 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 13:48:50 2013

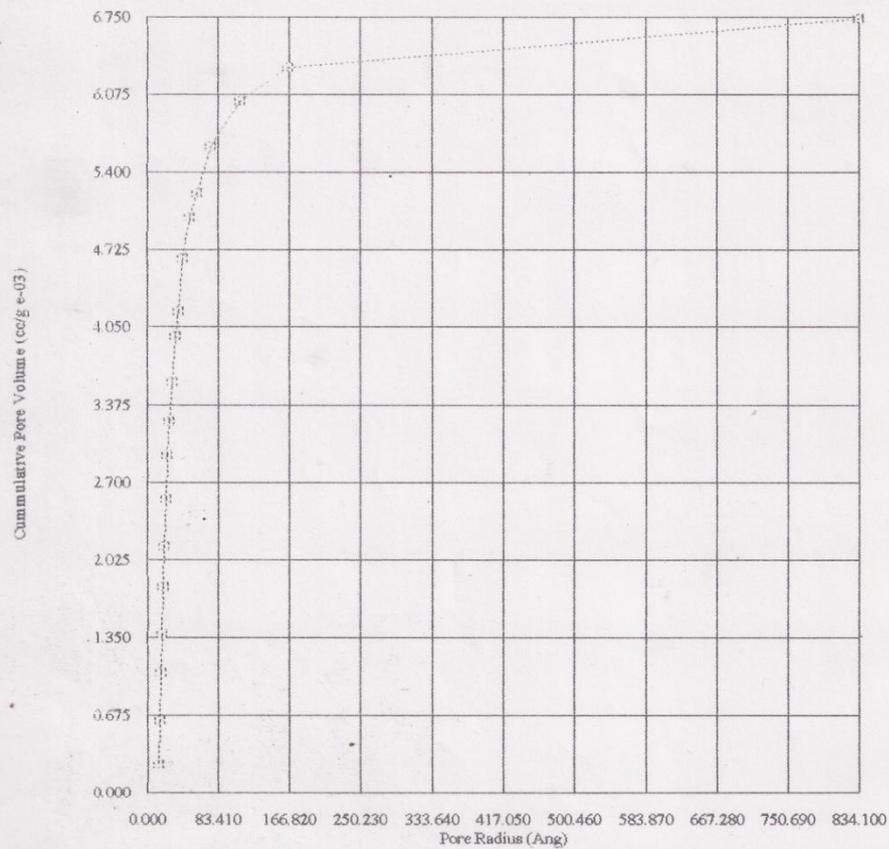
Multi BET (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98b-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 98/P/APB/13 B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1960 g	Sample Volume	= 0.1960 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 747.04 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 12:55:18 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 13:48:50 2013

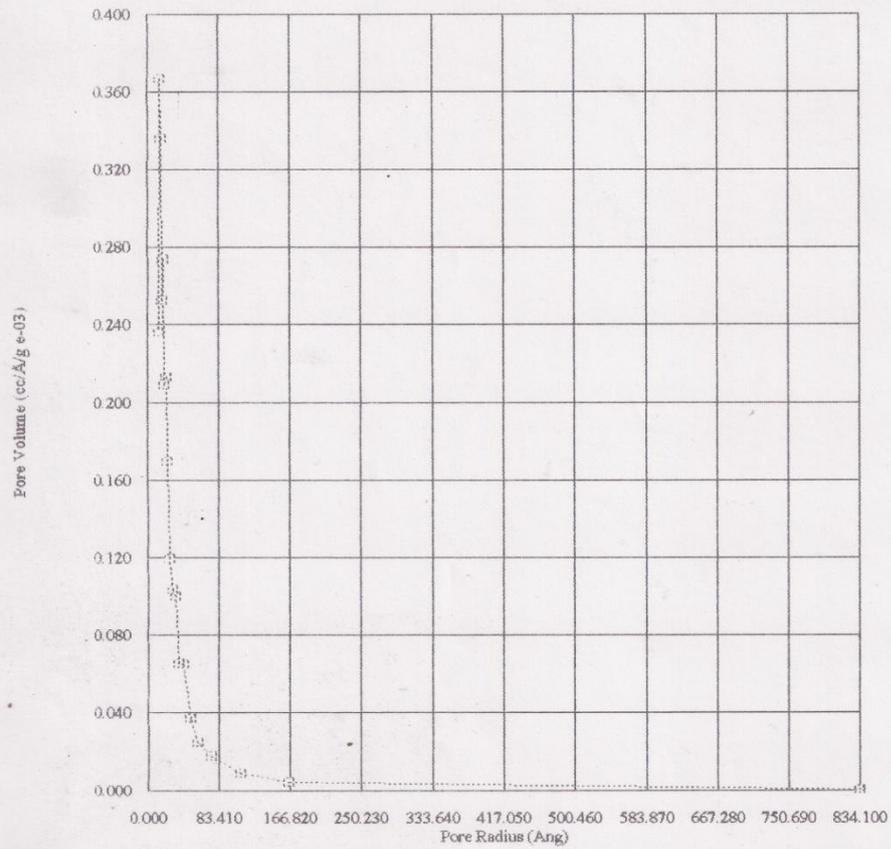
BJH (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98b-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 98/P/APB/13 B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1960 g	Sample Volume	= 0.1960 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 747.04 mm Hg
Adsorbate	= N <sub>2</sub>	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 12:55:18 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 13:48:50 2013

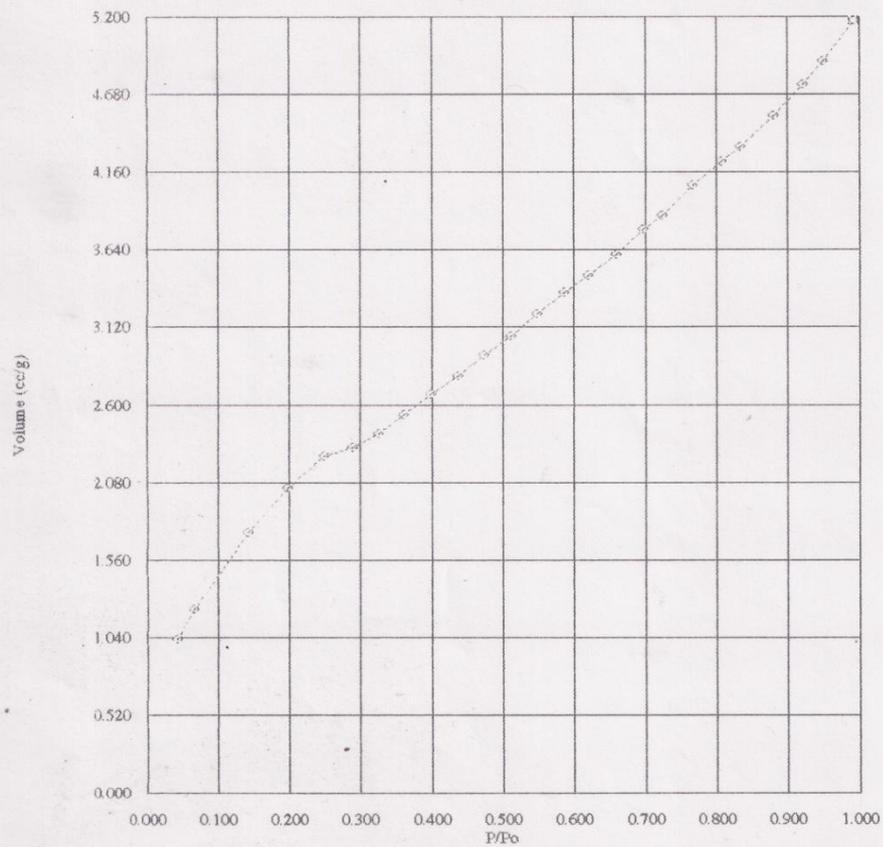
## DVR (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98b-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 98/P/APB/13 B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1960 g	Sample Volume	= 0.1960 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 747.04 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Jun 24 12:55:18 2013	Analysis End Time	= Mon Jun 24 13:48:50 2013

## ISOTHERM (Adsorption)



f. *Porous Carbon Suhu 700 °C*

13/01/2013

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98c-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 0980YAFB/13 C	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2970 g	Sample Volume	= 0.2970 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 749.87 mm Hg
Absorbate	= H2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Jun 25 10:19:26 2013	Analysis End Time	= Tue Jun 25 11:15:14 2013

## Multi BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform (1/(W[Po/P - 1]))
0.043932	41.370666
0.067125	57.955197
0.144876	107.845754
0.199061	137.079932
0.250005	166.100386
Slope	= 603.215540
Intercept	= 17.017188
Correlation Coefficient	= 0.999108
BET C	= 36.447428
Surface Area	= 1.667612 sq m
Specific Surface Area	= 5.614855 sq m/g

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98c-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 09879AFB/13 C	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2970 g	Sample Volume	= 0.2970 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 748.87 mm Hg
Adsorbate	= N2	Both Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Jun 25 10:19:26 2013	Analysis End Time	= Tue Jun 25 11:15:14 2013

Pore Radius (Ang)	BJH (Adsorption)	
	Cumulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cumulative Pore Volume (cc/g e-03)
693.647332	5857.044039	7.576788
156.188229	5843.227021	7.097582
104.608129	5811.414010	6.849141
74.648951	5724.184135	6.392893
59.616171	5655.736154	6.137414
49.112572	5499.694874	5.672285
43.275309	5418.910077	5.473908
37.563071	5280.603885	5.174646
32.979026	5076.061271	4.790483
29.314224	4870.038739	4.450824
26.461556	4635.440302	4.106970
24.140808	4392.566926	3.785630
22.082127	4114.975200	3.490566
20.250017	3739.065914	3.035522
18.663925	3403.171424	2.695428
17.274098	2960.163442	2.282015
16.009578	2484.034909	1.870780
14.872924	1877.727304	1.385432
13.836562	210.988270	0.145968

Total Pore Volume is 7.264079 e-03 cc/g for  
all pores less than 1172.215538 Angstrom.

Average pore radius is 25.874504 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98c-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 0987/APB/13 C	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2970 g	Sample Volume	= 0.2970 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 748.87 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Jun 25 10:19:26 2013	Analysis End Time	= Tue Jun 25 11:15:14 2013

Pore Radius (Ang)	DVR (Adsorption)		Pore Volume (cc/g e-03)
	Pore Area (sq m/g e-03)		
692.647222	0.012582		0.000471
156.188229	0.552017		0.004311
104.608129	1.915889		0.010021
74.648951	4.757084		0.017756
59.616171	9.953569		0.029670
49.112572	15.155820		0.037217
43.275309	21.800266		0.047171
37.563071	40.262457		0.075619
32.973026	50.251141		0.082847
29.314224	72.907674		0.106862
26.461556	97.634038		0.129177
24.140808	128.878265		0.155561
22.082127	151.452818		0.211384
20.250017	197.496451		0.199965
18.663925	301.074535		0.280962
17.274098	363.948250		0.314344
16.009978	496.969171		0.397823
14.872924	1581.200516		1.175854
13.836562	207.130254		0.143299

Total Pore Volume is 7.264079 e-03 cc/g for all pores less than 1172.215538 Angstrom.

Average pore radius is 25.874504 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 96c-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 09879A/B/13 C	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2970 g	Sample Volume	= 0.2970 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 748.87 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Jun 25 10:19:26 2013	Analysis End Time	= Tue Jun 25 11:15:14 2013

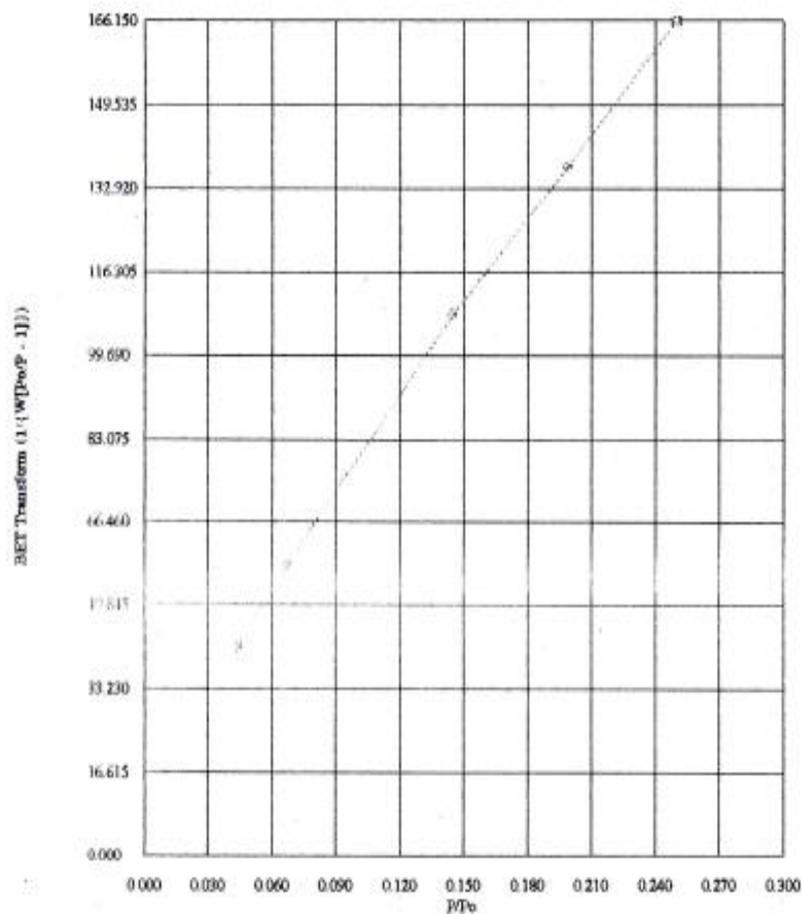
## ISOTHERM (Adsorption)

P/Po	Volume (cc/g)
0.043952	0.666096
0.067125	0.993395
0.144876	1.256945
0.199061	1.450662
0.250005	1.605732
0.288893	1.642285
0.325771	1.722994
0.361192	2.054092
0.398807	2.208021
0.435372	2.346549
0.472284	2.487728
0.510063	2.611970
0.548111	2.761677
0.584130	2.888879
0.619665	3.014657
0.658007	3.153341
0.697424	3.295595
0.735680	3.458908
0.772106	3.593279
0.795958	3.684831
0.864423	3.906118
0.872538	4.032825
0.919296	4.271122
0.945097	4.406471
0.991881	4.702756

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98c-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 098D/APB/13 C	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2970 g	Sample Volume	= 0.2970 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 748.87 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Jan 25 10:19:26 2013	Analysis End Time	= Tue Jan 25 11:15:14 2013

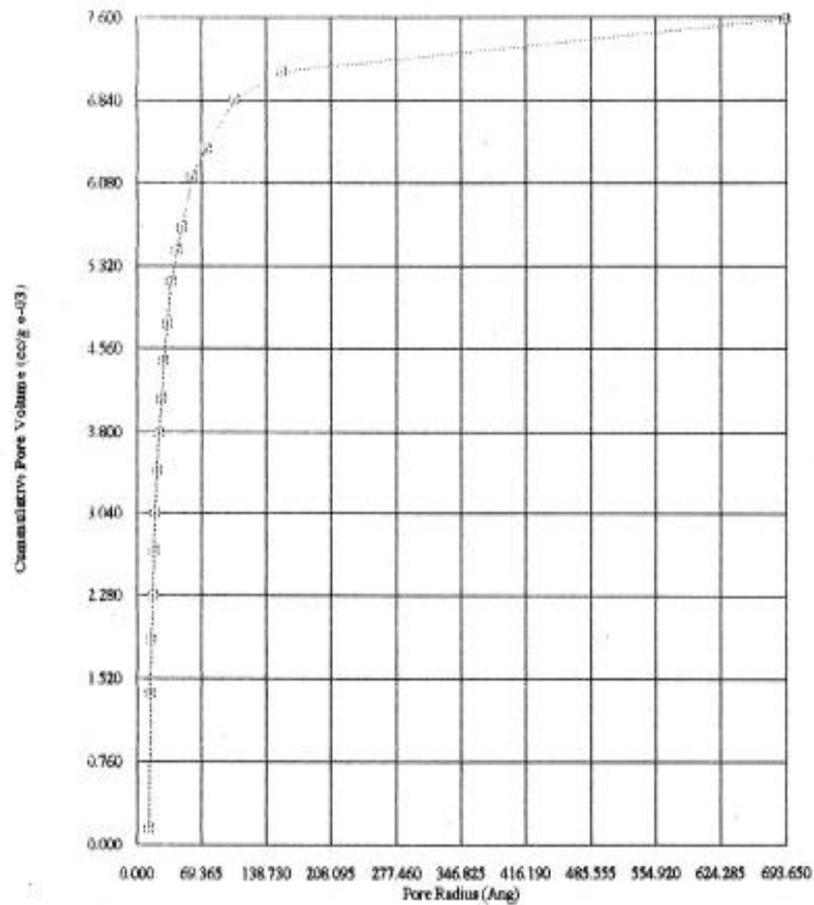
Multi BET (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 96c-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 0987P/APB/13 C	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2970 g	Sample Volume	= 0.2970 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 748.87 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Description Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equal Time	= 60 sec	Description Equal Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Description Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Jun 25 10:10:26 2013	Analysis End Time	= Tue Jun 25 11:15:14 2013

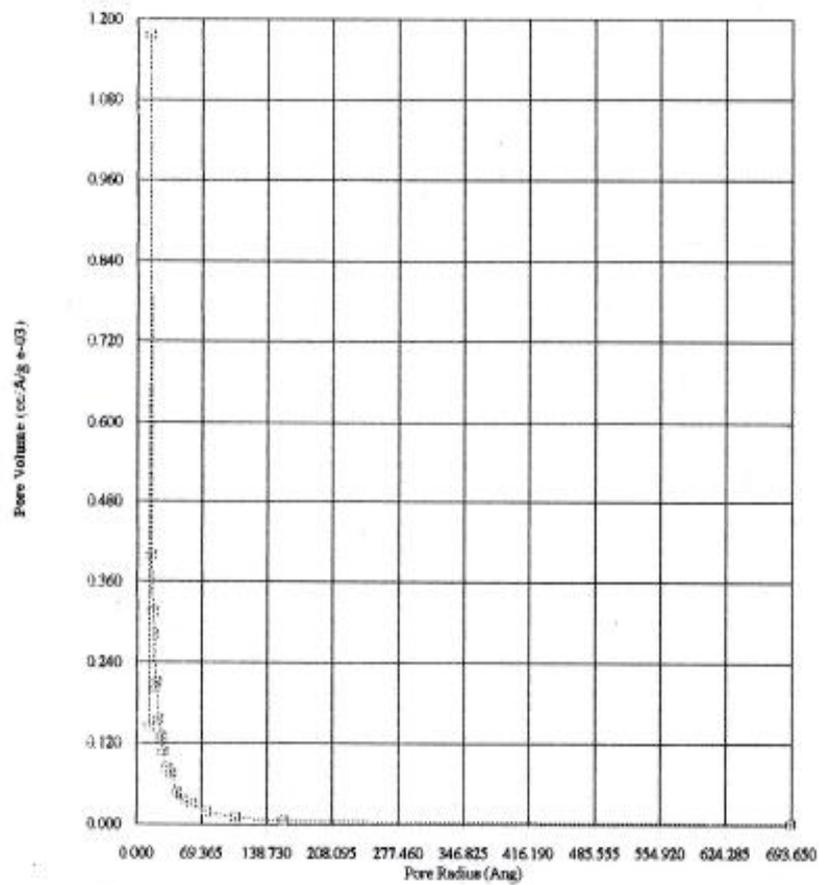
BJH (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98o-13.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 0987VA15B/13 C	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2970 g	Sample Volume	= 0.2970 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 748.67 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Jun 25 10:19:26 2013	Analysis End Time	= Tue Jun 25 11:15:14 2013

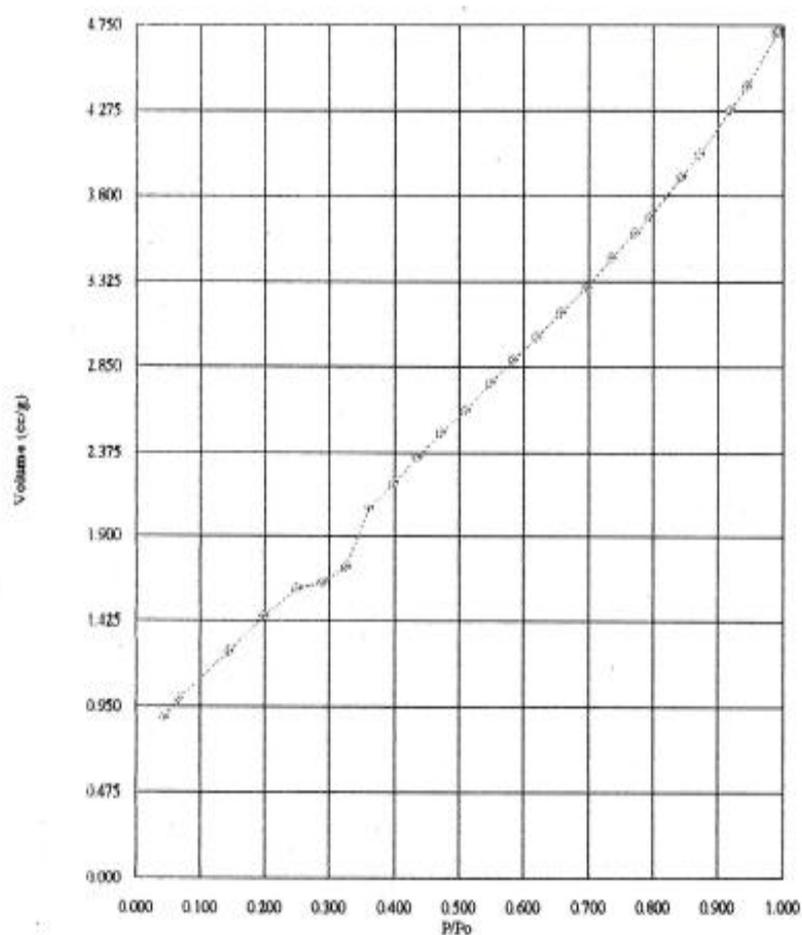
## DVR (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 98c-13.dat

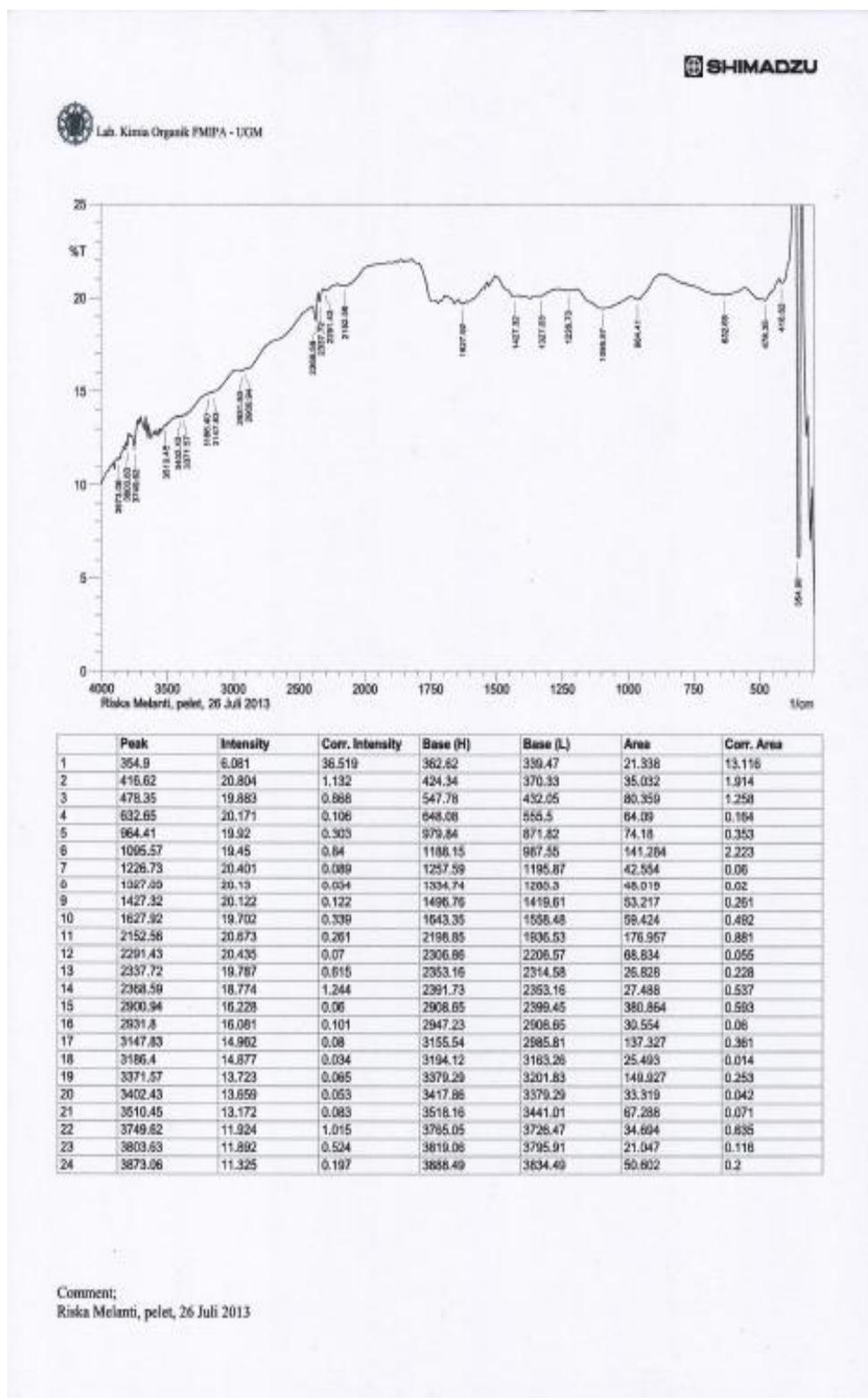
User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 098PVAZE/13 C	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2970 g	Sample Volume	= 0.2970 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 748.87 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Jun 25 10:19:26 2013	Analysis End Time	= Tue Jun 25 11:15:14 2013

ISOTHERM (Adsorption)



## Lampiran 6. Hasil Spektrofotometer IR Sari Buah Apel

### a. Sebelum Diberi Porous Carbon



b. Sesudah Diberi *Porous Carbon*

