

TA / TL / 2007 / 0154

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/SELL	
TGL. TERIMA :	10 Mei 2007
NO. JUDUL :	002428
NO. INV. :	5120002428001
NO. BUKU :	

**TUGAS AKHIR**

**PENURUNAN KONSENTRASI KROMIUM (Cr) DARI AIR  
LIMBAH LABORATORIUM KUALITAS AIR DENGAN  
MENGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pada  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Progran Studi Teknik Lingkungan  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta



Oleh :

**ENNY HERAWATI**

**02 513 006**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2007**

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

**LEMBAR PENGESAHAN**

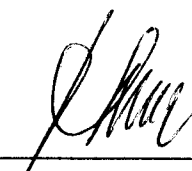
**PENURUNAN KONSENTRASI KROMIUM (Cr) DARI AIR  
LIMBAH LABORATORIUM KUALITAS AIR DENGAN  
MENGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK**

**NAMA : ENNY HERAWATI**  
**NIM : 02 513 006**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I

Ir . H. Kasam, MT

  
\_\_\_\_\_  
Tanggal : 8-3-2007

Dosen pembimbing II

Eko Siswoyo, ST

\_\_\_\_\_  
Tanggal



MOTTO

*Sabar adalah buah yang teramat pahit...*

*Dan untuk mengubahnya menjadi budi yang manis...*

*Jadikanlah sabar itu layaknya langit yang tiada batas...♥♥♥♥*

*Allah akan memberikan meninggikan orang-orang yang beriman dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat...*

*(QS. Al-Mujaadilah : 11)*

*.....Katakanlah Muhammad, "Apakah sama Orang-orang yang mengetahui dengan yang tidak mengetahui??. Sesungguhnya hanya orang-orang yang berakhlaklah yang dapat menerima pelajaran. (QS. Az- Zumar : 9)*



*Kupersembahkan Karya Kecil ini Teruntuk;*

- ❖ *Kedua orang tuaku tercinta : Ir. H. Sudimaryono & Hj. Sri Endang .S.  
Terima kasih atas doa yang selalu mengalir tiada henti dan kasih sayang yang papa dan  
mama curahkan selama ini. Tiada harap yang lain kecuali tiap doa yang terantai indah untuk  
Een semoga itu semua menjadi buah yang manis untuk semua...*
- ❖ *My big family : Mas Eddy & Istri dan Adequ Chayang Endry  
Akhirnya Een lulus juga euy....!!! thank's for all ya.....*
- ❖ *Penjaga hati\_Q " Danu Wicaksono"  
Makasih buat cinta, sayang, perhatian, dukungan, bantuan yang cyg berikan  
untukku...Makasih udah memberi warna warni hidup dalam setiap langkahku dan membuat  
aku menjadi orang yang lebih tegar ....Makasih ya Chayang....  
I Love U♥♥♥♥*
- ❖ *My true patner : Tika & Heru and semea team membrane keramik  
Makasih atas semuanya ya....*
- ❖ *Semua teman seperjuanganku di lingkungan 02  
You're my big motivation.....*
- ❖ *Sahabat2 sejati\_Q: Mba Tini ( Don't forget our moment Ok!!), Ari & Nur ( Ayo cepetan  
donk ya.....!☺ ), Yudhi (Ayo berjuang terus!!) serta sahabat2\_Q yang lain yang belum  
sempat terukir namanya , thank's banget deh pokoknya.....*
- ❖ *Semua teman-teman kost-Q.....P3, Eno, Ria, Ala, Zakia, Rina, Titin ( Thanks for all yaaaa)*
- ❖ *Semua Keluarga Besar Jogja & Bjb....Terimakasih atas semua doa serta dukungan yang  
selalu ada selama ini.*
- ❖ *Semua teman-teman n sahabat yang ga bisa disebutkan namanya satu persatu makasih banyak,  
ya.....*



# **PENURUNAN KONSENTRASI KROMIUM (Cr) DARI AIR LIMBAH LABORATORIUM KUALITAS AIR DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK**

Oleh :  
ENNY HERAWATI  
KASAM\* EKO SISWOYO\*\*

## **ABSTRAKSI**

Limbah laboratorium merupakan salah satu limbah yang sangat berbahaya apabila tidak diolah dengan benar, karena limbah laboratorium banyak sekali mengandung bahan-bahan yang berbahaya antara lain yaitu adanya cairan yang mudah terbakar, pencemar toksik seperti sianida, sulfida, fenol, logam-logam berat dan beracun. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih.

Sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan membran keramik merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk meminimalisasi limbah yang berasal dari kegiatan praktikum yang dilakukan di laboratorium kualitas lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar efisiensi membran keramik dalam menurunkan konsentrasi kromium (Cr) dari air limbah laboratorium. Percobaan dilakukan dengan menggunakan air limbah laboratorium dengan menggunakan reaktor membran keramik dimana air dialirkan melalui membran keramik melalui pipa dengan menggunakan bantuan pompa dengan  $Q_{maks} = 900$  L/hari, AC = 220-240 Volt/Hz dan  $W=15$  watt. Keramik yang digunakan pada penelitian ini adalah keramik dengan variasi serbuk gergaji 7,5% dan 10%. Metode yang digunakan adalah metode AAS dengan no SNI M - 79 - 1990 - 03.

Hasil analisa kromium (Cr) pada limbah laboratorium dengan menggunakan membran keramik, menunjukkan bahwa pada membran keramik dengan variasi serbuk gergaji 7,5%, konsentrasi kromium (Cr) mengalami penurunan sampai dengan 74,13% dari 0,344 mg/l menjadi 0,089 mg/l. Sedangkan pada membran keramik dengan variasi serbuk gergaji 10%, konsentrasi kromium (Cr) mengalami penurunan sampai dengan 62,75% dari 0,247 mg/l menjadi 0,092 mg/l. Proses yang terjadi pada membran keramik yaitu adanya proses penyaringan (filtrasi) dan penyerapan (adsorpsi), proses yang sangat berpengaruh pada penurunan konsentrasi kromium adalah proses adsorpsi. Setelah dilakukan pengolahan dengan membran keramik, konsentrasi kromium (Cr) masih melebihi ambang batas yang diperbolehkan.

Kata kunci : Limbah laboratorium, membran keramik, kromium (Cr), adsorpsi.

# **REDUCTION OF CHROMIUM (Cr) CONCENTRATION FROM WASTE WATER OF QUALITY LABORATORY USING CERAMICS MEMBRANE**

By :  
ENNY HERAWATI  
KASAM\* EKO SISWOYO\*\*

## **ABSTRACT**

Laboratory waste are one of the dangerous waste if it not be managed properly, because its contain many dangerous things such as burns fluid, toxicity things like cyanide, sulfide, phenol, and metal dangerous thing. Organics material mix in it could end the oxygen at the waste and would cause some taste and smell bad in clean water supply.

Wastewater treatment system by using ceramic membrane is one of alternative in minimalizing of waste coming from activity of practice in laboratory of environmental quality. The aim of this research is to know the efficiency of ceramics membrane in reducing chromium (Cr) concentration from waste water of laboratory. The research done with using laboratory waste water with ceramics membrane reactor which water are flow through this membrane with tube with the help of pump and the  $Q_{max} = 900$  l/days, AC 220-240 volt/Hz and  $W = 15$  watt. Ceramic used at this research is ceramic with the variation of sawdust. 7,5% dan 10%. Method by used is method of AAS according to SNI M - 79 - 1990 - 03.

The chromium (Cr) analysis result of laboratory waste water by using ceramic membrane showed that at the membrane with had 7.5% of sawdust, the chromium (Cr) concentration was decrease until 74,13% from 0.344 mg/l to 0.089 mg/l. Although at the ceramics with had 10% of sawdust, the chromium (Cr) concentration had decrease until 62.75% from 0.247 mg/l to 0.092 mg/l. The process that happened at the membrane are filtration and adsorption, the process that are very influent in the decreasing of chromium (Cr) concentration is adsorption. The effluent of ceramics membrane is still above the level allowed.

Key word : Laboratory waste, ceramic membrane, chromium (Cr), adsorption.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan mengucapkan Alhamdulillah Robbil Alamiin , kita panjatkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan Taufik, rahmat serta Hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul “**PENURUNAN KONSENTRASI KROMIUM (Cr) DARI AIR LIMBAH LABORATORIUM KUALITAS AIR DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK**”.

Tugas akhir ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana Strata-1 Jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Dalam penyelesaian penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan yang telah memberikan izin dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. H. Kasam ,MT., selaku dosen pembimbing I, terima kasih atas semua bantuan, bimbingan, saran, kritik, dan waktu yang telah diluangkan untuk membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini.

3. Bapak Eko Siswoyo, ST., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Mas Agus Adi Prananto selaku Staf Jurusan Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dan direpotkan dalam urusan administrasi.
5. Ibu Rusdiana dan semua Staf BPKL yang telah banyak membantu dan memberikan bimbingan dalam menganalisis sampel air.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan motivasinya sehingga tugas akhir ini bisa diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun akan diterima dengan senang hati. Penulis berharap semoga Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak khususnya dalam bidang lingkungan.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, Februari 2007

Penulis



## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Motto .....	iii
Halaman Persembahan .....	iv
Absraksi .....	v
Kata Pengantar .....	vii
Daftar Isi .....	ix
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Gambar .....	xiii
Daftar Lampiran.....	xiv
<b>BAB I    PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Batasan Masalah .....	3
1.4    Tujuan Penelitian .....	4
1.5    Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1    Definisi Air Limbah .....	6
2.1.1    Sumber-Sumber Air Limbah .....	6
2.1.2    Komposisi Air Limbah .....	7
2.1.3    Analisis Sifat-Sifat Air Limbah .....	8
2.1.4    Efek Buruk Air Limbah .....	13

2.1.5	Dekomposisi Air Limbah .....	14
2.2	Membran keramik .....	16
2.2.1	Keramik .....	20
2.2.2	Klasifikasi Membran .....	21
2.2.3	Bahan Baku Keramik .....	25
2.2.4	Pembuatan Keramik .....	37
2.3	Parameter Yang Akan Diuji .....	42
2.3.1	Kromium (Cr) .....	42
2.4	Hipotesa .....	48
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>49</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	49
3.2	Objek Penelitian .....	49
3.3	Lokasi Penelitian .....	49
3.4	Waktu Penelitian .....	49
3.5	Metode Penelitian .....	50
3.6	Parameter Dan Variabel Penelitian .....	51
3.7	Tahapan Penelitian .....	51
3.8	Cara Kerja .....	52
3.9	Analisa Laboratorium .....	54
3.10	Analisa Data .....	54
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>57</b>
4.1	Data Hasil Uji Laboratorium .....	58
4.2	Analisis Data .....	69
4.2.1	Analisis Data Dengan Menggunakan T-Test .....	69

4.3	Pembahasan Terhadap hasil Uji Laboratorium .....	74
4.3.1	Penurunan Konsentrasi Kromium (Cr) .....	74
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	80
5.1	Kesimpulan .....	80
5.2	Saran .....	81

Daftar Pustaka

Lampiran

## DAFTAR TABEL

2.1	Klasifikasi Membran .....	25
2.2	Macam dan perkiraan jumlah limbah serbuk gergaji di Kalimantan Timur .....	36
2.3	Jenis kayu dan Kandungan Kimianya yang banyak diolah di Kalimantan Timur .....	36
2.4	Perubahan Komposisi Kaolin Dalam Pembakaran .....	42
2.5	Beberapa sifat fisik logam kromium .....	44
4.1	Porositas Membran Keramik Berdasarkan Variasi Serbuk Gergaji .....	58
4.2	Penurunan Cr dengan membran keramik 7.5 % .....	59
4.3	Data Koefisien Pada Inlet 7,5 % .....	61
4.4	Data Koefisien Pada Outlet 7,5 % .....	63
4.5	Penurunan Cr dengan membrane keramik 10 % .....	64
4.6	Data Koefisien Pada Inlet 10 % .....	66
4.7	Data Koefisien Pada Outlet 10 % .....	68
4.8	Uji Korelasi .....	72
4.9	Uji Detail .....	72
4.10	Uji Tukey .....	73

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Pengelempokkan Bahan yang Terkandung Didalam Air Limbah .....	7
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	50
3.2.	Gambar Reaktor Membran Keramik .....	53
4.1	Penurunan Cr dengan membran keramik 7.5 % .....	59
4.2	Efisiensi Membran Keramik Variasi Serbuk Gergaji 7,5 % Dalam Penurunan kromium (Cr) .....	60
4.3	Regresi Linier Inlet pada Membran Keramik 7,5 % .....	60
4.4	Dependent Variabel Inlet pada Membran Keramik 7,5 % .....	61
4.5	Regresi Linier Outlet pada Membran Keramik 7,5 % .....	62
4.6	Dependent Variabel Outlet pada Membran Keramik 7,5 % .....	62
4.7.	Penurunan Cr dengan membrane keramik 10 % .....	64
4.8.	Efisiensi Membran Keramik Variasi Serbuk Gergaji 10 % Dalam Penurunan kromium (Cr) .....	65
4.9.	Regresi Linier Inlet pada Membran Keramik 10 % .....	65
4.10.	Dependent Variabel Inlet pada Membran Keramik 10 % .....	66
4.11.	Regresi Linier Outlet pada Membran Keramik 10 % .....	67
4.12.	Dependent Variabel Outlet pada Membran Keramik 10 % .....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar-Gambar Penelitian.

Lampiran 2. Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji T-Test)

Lampiran 3. Data Hasil Analisa Konsentrasi Kromium (Cr) Dari Dinas Pemukiman  
Prasarana Wilayah Balai Pengujian Konstruksi Lingkungan (BPKL) Sleman  
DIY.

Lampiran 4. Data Ukuran Pori Membran Keramik Dari Batan.

Lampiran 5. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas  
Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.

Lampiran 6. SK SNI M - 79 - 1990 - 03.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam menunjang kegiatan akademik seperti kegiatan praktikum maka diperlukan laboratorium untuk melaksanakan kegiatan tersebut. Laboratorium adalah salah satu sarana penunjang kegiatan akademik yang digunakan untuk kegiatan praktikum dan menunjang teori yang telah diberikan pada saat perkuliahan. Untuk lebih meningkatkan kualitas mahasiswanya, Universitas Islam Indonesia mendirikan laboratorium teknik lingkungan yang digunakan oleh mahasiswa teknik lingkungan. Kegiatan praktikum yang dilakukan sebagian besar menggunakan bahan kimia yang sangat berbahaya bagi lingkungan apabila limbah yang dihasilkan tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang.

Sifat limbah laboratorium antara lain yaitu adanya cairan yang mudah terbakar, pencemar toksik seperti sianida, sulfida, fenol, formaldehida, logam beracun.

Pengaruh limbah kimia karena polutan utama terdiri dari senyawa organik dan anorganik, antara lain dapat mengganggu kesehatan manusia maupun keseimbangan sistem lingkungan seperti logam berat (Hg, Pb, As, Cr, Cd, Se, Ti, In, Sb, Bi, Te) dan senyawa non-logam tertentu (fosfat, amonia, sianida, fluorida, sulfat). Beberapa jenis logam biasanya dipergunakan untuk pertumbuhan kehidupan biologis, misalnya pada

pertumbuhan alga apabila tidak ada logam maka pertumbuhannya akan terhambat. Akan tetapi, apabila jumlahnya berlebihan akan mempengaruhi kegunaannya karena timbulnya daya racun yang dimiliki. Oleh karena itu, keberadaan zat ini perlu diawasi di dalam air limbah.

Sedangkan polutan organik seperti pestisida menimbulkan keracunan akut, zat warna atau deterjen menimbulkan COD tinggi, warna dan bau, lignin dan selulosa berpengaruh pada warna dan bau.

Pengaruh limbah tersebut pada kesehatan berbeda satu sama lainnya, termasuk perbedaan organ tubuh sebagai sasaran selain itu derajat pengaruhnya terhadap manusia bergantung pula pada jenis logam berat maupun senyawanya.

Selama ini penanganan limbah yang telah dilakukan oleh Universitas Islam Indonesia hanya dengan menampungnya saja, oleh karena itu perlu adanya alternatif lain untuk pengelolaan dan pengolahan limbah. Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil uji laboratorium untuk konsentrasi kromium didapatkan hasil **0.544 mg/l**. konsentrasi tersebut melebihi ambang batas menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut di atas, maka perlu dirancang suatu teknologi yang diharapkan dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi kromium (Cr) dari air limbah laboratorium.

Pada penelitian ini dipilih teknologi dengan menggunakan membran keramik dengan komposisi tanah lempung, pasir kwarsa dan serbuk gergaji. Penggunaan



teknologi keramik berpori sebagai filter dapat menyaring kromium (Cr) dari limbah laboratorium. Teknologi ini memiliki kelebihan-kelebihan seperti bahan-bahannya telah ada di alam, murah dan mempunyai nilai ekonomi yang tinggi.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Menurut latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas maka, dapat ditarik rumusan masalah yaitu :

1. Apakah reaktor Membran keramik dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi kromium (Cr) dari air limbah laboratorium.
2. Pada komposisi berapakah serbuk gergaji dapat menurunkan konsentrasi kromium (Cr) dari air limbah laboratorium.
3. Berapakah waktu yang optimum untuk menurunkan konsentrasi kromium (Cr) dari air limbah laboratorium.

### **1.3. Batasan Masalah**

Dari rumusan masalah yang ditentukan dan agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan keinginan sehingga tidak terjadi penyimpangan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a) Metode yang digunakan adalah metode filtrasi dengan menggunakan reaktor Membran keramik, dengan komposisi reaktor adalah tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji.

- b) Jenis tanah lempung yang digunakan adalah tanah lempung dengan bakaran suhu rendah.
- c) Sampel yang akan digunakan diambil air limbah laboratorium
- d) Parameter yang diukur adalah kromium (Cr).
- e) Komposisi yang digunakan untuk air limbah adalah : 100% air limbah laboratorium.
- f) Komposisi keramik dengan variasi serbuk gergaji 7.5 %, dan 10 %.
- g) Variasi dari waktu tinggal adalah : 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, 300 menit.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui efisiensi membran keramik dalam menurunkan konsentrasi kromium (Cr) dari air limbah laboratorium.
- b. Mencari komposisi membran keramik yang paling optimum, dari komposisi serbuk gergaji 7.5 %, dan 10 % dalam konsentrasi kromium (Cr) dari air limbah laboratorium.
- c. Mengetahui waktu yang optimal dari variasi waktu 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit dan 300 menit dalam menurunkan konsentrasi kromium (Cr) pada air limbah laboratorium.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a) Meminimalisir kadar kromium (Cr) yang terkandung dalam limbah laboratorium.
- b) Mengetahui efisiensi penurunan kadar kromium (Cr) yang terdapat pada limbah laboratorium.
- c) Memberikan salah satu alternatif pengolahan air limbah domestik dalam menurunkan konsentrasi kromium (Cr) dari air limbah laboratorium.
- d) Mendapatkan suatu teknologi yang murah dan sederhana yang dapat menurunkan konsentrasi kromium (Cr) pada air limbah laboratorium.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Air Limbah**

Air limbah (wastewater) adalah air buangan yang merupakan hasil dari aktivitas kehidupan manusia sehari-hari, baik yang berasal dari rumah tangga, industri, dll. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air (Sugiarto, 1987).

##### **2.1.1 Sumber- Sumber Air Limbah**

Masalah lingkungan dan kesehatan masyarakat timbul diberbagai daerah, baik dipertanian maupun di pedesaan. Hal ini dikarenakan banyaknya limbah cair yang tidak ditangani dengan baik. Pencemaran yang terjadi pada lingkungan perairan berasal dari beberapa sumber. Pencemar-pencemar tersebut pada umumnya merupakan hasil dari kegiatan domestik, industri, dan pertanian. Limbah tersebut ada yang berupa padatan, limbah yang berupa bahan padat dibagi menjadi limbah organik dan limbah anorganik.

Sumber utama air limbah domestik yaitu berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga serta daerah fasilitas rekreasi. Limbah domestik seperti sampah-sampah organik dapat terurai menjadi nitrat, fosfat, dan karbonat, sedangkan

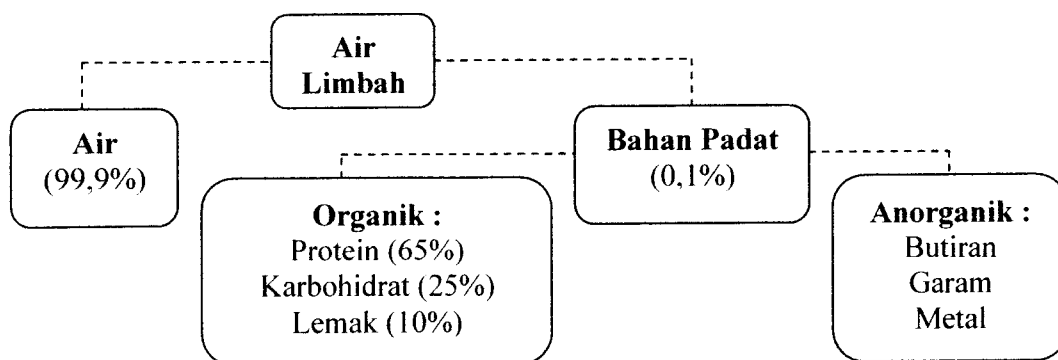
detergen dapat terurai menjadi menjadi fosfat. Limbah yang berupa garam-garam, logam, farmasi, kosmetika, dan pestisida, umumnya larut di air.

Air limbah industri jumlahnya sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, bahan baku yang diolah / diproses, jenis barang, atau bahan yang dihasilkan. Limbah yang berasal dari perindustrian, contohnya adalah substansi-substansi organik seperti detergen, bahan farmasi, minyak-minyak, pestisida, garam-garam logam, partikel-partikel baik organik maupun anorganik yang mengendap.

### 2.1.2 Komposisi Air Limbah

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti skema berikut ini

:



**Gambar 2.1** Pengelempokkan Bahan yang Terkandung Didalam Air Limbah (Sugiharto, 1987).

### **2.1.3 Analisis Sifat-Sifat Air Limbah**

#### **2.1.3.1 Sifat Fisik Air Limbah**

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau, warna, juga temperatur. Beberapa komposisi air limbah akan hilang apabila dilakukan pemanasan secara lambat. Jumlah total endapan terdiri dari benda-benda yang mengendap, terlarut, tercampur.

Air limbah yang mengandung partikel dengan ukuran besar memudahkan proses pengendapan yang langsung, sedangkan apabila air limbah tersebut berisikan partikel yang sangat kecil ukurannya akan menyulitkan dalam proses pengendapan, sehingga untuk pengendapan lebih baik dengan teknologi yang lebih canggih

Adapun karakteristik sifat fisik dari air limbah adalah:

##### **a. Cahaya**

Jumlah radiasi yang mencapai permukaan perairan sangat dipengaruhi oleh awan, ketinggian dari permukaan laut (altitude), letak geografis dan musim. Penetrasi cahaya kedalam air sangat dipengaruhi oleh intensitas dan sudut datang cahaya, kondisi permukaan air, dan bahan-

bahan yang terlarut dan tersuspensi di dalam air (Boyd, 1998; Welch, 1952)

**b. Warna**

Warna pada air limbah menunjukkan tingkat pencemaran. Warna air limbah biasanya abu-abu atau kehitaman. Warna diperairan ditimbulkan oleh adanya bahan organik dan bahan anorganik; karena keberadaan plankton, humus dan ion-ion logam (misalnya besi dan mangan), serta bahan-bahan lain.

**c. Kecerahan dan Kekeruhan**

Nilai kecerahan sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan dan padatan tersuspensi serta ketelitian orang yang melakukan pengukuran. Pengukuran kecerahan sebaiknya dilakukan pada saat cuaca cerah.

Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan organik dan anorganik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain (APHA, 1976; Davis dan Cornwell, 1991)

**d. Padatan total, Terlarut dan Tersuspensi**

Padatan total (residu) adalah bahan yang tersisa setelah air sampel mengalami evaporasi dan pengeringan pada suhu tertentu (APHA, 1976). Residu dianggap sebagai kandungan bahan terlarut dan

tersuspensi dalam air. selama penentuan residu ini, sebagian besar bikarbonat yang merupakan anion utama perairan utama telah mengalami transformasi menjadi karbondioksida, sehingga karbondioksida dan gas-gas lain yang menghilang saat pemanasan tidak tercakup dalam nilai padatan total (Boyd, 1988).

Padatan tersuspensi total (*total suspended solid*) terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air.

*Settleable solid* biasanya disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan di perairan.

#### **e. Temperatur**

Temperatur air limbah biasanya lebih tinggi daripada temperatur air bakunya atau badan air penerimanya.

#### **2.1.3.2 Sifat Kimia Air Limbah**

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan beracun. Adapun karakteristik bahan kimia yang penting yang ada di dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:



**a. COD**

COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi sejumlah zat organik secara sempurna dalam suatu reaksi kimia. Pada reaksi oksidasi ini, hampir semua zat organik dapat dioksidasi menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dalam suasana asam dengan menggunakan oksigennya. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Sumestri, 1987).

**b. BOD**

BOD merupakan indikator pencemaran oksigen yang paling banyak digunakan untuk control kualitas air permukaan ataupun untuk menilai kepekatan air buangan. Penentuan BOD sering digunakan untuk mengukur beban buangan instalasi pengolahan air dan menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan bahan organik terlarut dan tersuspensi dalam air (Metcalf & Eddy, 1979)

**c. Oksigen Terlarut (DO)**

Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*), dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah (*effluent*) yang masuk ke badan air.

**d. pH dan Asiditas**

pH air limbah sangat tergantung pada proses serta produksi yang dihasilkan, dimana bahan-bahan yang diperlukan dalam produksi tersebut bersifat asam dan basa. pH menyatakan intensitas keasaman dari suatu cairan encer dan sebagai satuan konsentrasi ion hidrogennya (U.N. Mahida, 1984)

**e. Bahan Organik**

Bahan organik biasanya ditemukan di rumah sakit seperti darah, urine, sisa-sisa muntahan dari pasien (Isobel M. Mauren, 1974).

**f. Bahan-bahan kimia yang toksik**

Misalnya asam *cyanide* dan logam-logam berat seperti Ni, Mg, Pb, Cr, Cd, Zn, Cu, Fe, Hg.

**2.1.3.3 Sifat Biologis Air Limbah**

Pemeriksaan biologis didalam air dan air limbah untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri pathogen berada di dalam air limbah. Keterangan biologis ini diperlukan untuk mengukur kualitas terutama bagi air yang dipergunakan sebagai air minum serta untuk keperluan kolam renang.

Air limbah juga banyak mengandung mikroorganisme seperti bakteri, virus, protozoa dan cacing. Sebagian dari mikroorganisme tersebut berbahaya bagi kesehatan manusia karena adanya hubungan dengan penyakit. Pada proses pengolahan air limbah zat organik akan semakin menurun sedangkan

komposisi biomas akan berubah dan pada saat ini jumlah bakteri dan protozoa semakin besar.

#### **2.1.4 Efek Buruk Air Limbah**

Sesuai dengan batasan dari air limbah yang merupakan benda sisa, maka sudah tentu bahwa air limbah merupakan benda yang sudah tidak terpakai lagi. Akan tetapi, tidak berarti bahwa air limbah tersebut tidak perlu dilakukan pengolahan, karena apabila limbah ini tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan yang ada.

Adapun efek samping dari air limbah tersebut dapat berupa:

a) Membahayakan kesehatan manusia

Air limbah sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia mengingat bahwa banyak penyakit yang dapat ditularkan melalui air limbah. Air limbah ini ada yang hanya berfungsi sebagai media pembawa saja seperti penyakit kolera, radang usus, hepatitis infektiosa, serta skhistosomiasis. Selain sebagai pembawa penyakit didalam air limbah itu sendiri banyak terdapat bakteri patogen penyebab penyakit.

b) Dapat merusak atau mengganggu kehidupan biotik.

Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah. Dengan demikian akan menyebabkan kehidupan di dalam air yang

membutuhkan oksigen akan terganggu, dalam hal ini akan mengurangi perkembangannya. Kematian makhluk hidup di dalam air disebabkan karena kurangnya oksigen di dalam air, dan dapat juga disebabkan karena adanya zat beracun yang berada didalam air limbah tersebut.

c) Dapat merusak keindahan (aestetika)

Banyaknya limbah yang dibuang ke lingkungan dapat menimbulkan berbagai masalah seperti timbulnya bau busuk dan pemandangan yang tidak sedap dipandang terutama di daerah hilir sungai yang merupakan daerah rekreasi.

d) Dapat menimbulkan kerusakan pada benda atau bangunan

Apabila air limbah mengandung gas karbondioksida yang agresif, maka mau tidak mau akan mempercepat proses terjadinya karat pada benda yang terbuat dari besi serta bangunan air kotor lainnya. Dengan cepat rusaknya benda tersebut maka biaya pemeliharanya akan semakin besar juga, yang berarti akan menimbulkan kerugian material..

### **2.1.5 Dekomposisi Air Limbah**

Sugiarto (1987) menjelaskan, air limbah yang dibuang ke alam (baik tanah maupun badan air) akan mengalami proses dekomposisi secara alami yang dilakukan oleh mikroorganisme baik organik yang terdapat dalam air limbah dapat menjadi bahan yang stabil dan diterima oleh lingkungan. Namun alam memiliki keterbatasan

dalam melakukan proses tersebut apabila jumlah limbah yang dibuang melebihi kemampuannya (daya dukungnya).

Proses dekomposisi air limbah seperti diuraikan di atas dapat diuraikan sebagai berikut :

1) Secara Anaerobik

Bahan organik terlarut akan dirombak/ diuraikan/ dibusukkan oleh bakteri Anaerob (yang dapat hidup tanpa adanya  $O_2$  = oksigen) menjadi senyawa organik sederhana seperti :

- Karbon dioksida ( $CO_2$ )
- Metan ( $CH_4$ )
- Hydrogen Sulfida ( $H_2S$ )
- Amonia ( $NH_3$ )
- Gas-gas bau

Dalam proses ini air limbah menjadi keruh, kotor, berbau busuk, serta terjadi pengendapan lumpur cukup besar. Proses perombakannya berjalan dalam waktu yang cukup lama.

2) Secara Aerobik

Bahan organik terlarut akan dirombak/ diuraikan/ dibusukkan oleh bakteri Aerob (hidupnya memerlukan  $O_2$ ) dan Fakultatif menjadi energi, gas, bakteri baru dan bahan buangan akhir yang stabil seperti :

- Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )
- Nitrat ( $\text{NO}_3$ )
- Sulfat ( $\text{SO}_4$ )
- Senyawa organik stabil

Proses perombakan/ penguraian/ pembusukan biologis dilakukan oleh bakteri Aerob dengan menggunakan/ memanfaatkan  $\text{O}_2$  (yang terlarut dalam air limbah untuk mengoksidasi bahan organik terlarut sampai semuanya terurai secara lengkap.

Agar proses pembusukan biologis dapat berjalan dengan baik maka diperlukan  $\text{O}_2$  yang terlarut dalam air limbah dalam jumlah cukup besar.

## **2.2 Membran Keramik**

Membran Keramik merupakan suatu proses penyaringan air (dalam penelitian ini adalah limbah labortorium) dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses yaitu reaktor membran keramik. Dengan bantuan pompa, diberikan tekanan keatas sehingga diharapkan air dapat merembes melewati pori-pori dinding reaktor. Hal ini dipengaruhi oleh kombinasi campuran antara tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji yang dapat menurunkan konsentrasi limbah cair domestik.

Mekanisme Proses yang terjadi dalam proses penyaringan adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting adalah antara lain:

- a. Proses penyaringan: adalah proses pemurnian air dari partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dengan jumlah pemisahan melalui celah-celah diantara butiran pasir (pori) yang berlangsung diantara permukaan pasir.
- b. Proses sedimentasi adalah proses pengendapan yang terjadi tidak berbeda seperti pada bak pengendap biasa, tetapi pada bak pengendap biasa endapan akan berbentuk hanya pada dasar bak, sedangkan pada filtrasi endapan dapat terbentuk pada seluruh permukaan butiran.
- c. Proses adsorpsi atau penyerapan dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan, merupakan hasil daya tarik menarik antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan. Media pasir yang bersih mempunyai muatan listrik negatif dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel-partikel positif
- d. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
- e. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter

Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Karena keduanya sering muncul bersamaan dalam suatu proses maka ada yang menyebut sorpsi, baik adsorpsi sebagai

sorpsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi.

Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

- a. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya van der Waals dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben.
- b. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik.

Mekanisme Adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982).

Pada proses adsorpsi terhadap air limbah mempunyai empat tahapan antara lain:

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben (*pore diffusion*).
4. Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya), (Reynolds, 1982).



Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar. Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu:

1. Mempunyai luas permukaan yang besar.
2. Berpori-pori
3. Aktif dan murni
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya: bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi.

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu:

1. Luas permukaan adsorben.

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm,

sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglous, 1991).

### 3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakannya cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

### 4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk kedalam partikel adsorben.

#### **2.2.1. Keramik**

Keramik berasal dari bahasa Yunani “Keramos” yang berarti periuk atau belanga yang dibuat dari tanah (Asuti.1997). Yang dimaksud dengan keramik adalah segala macam benda yang dibuat dari tanah liat, setelah kering kemudian dibakar hingga pijar sampai suhu tertentu, setelah itu didinginkan sehingga menjadi keras. Menurut golongannya, keramik dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu :

#### 1. Keramik bakaran rendah (gerabah lunak)

Keramik bakaran rendah adalah semua bahan keramik yang dibakar dan dapat mencapai suhu pembakaran antara 900° C sampai 1050° C, misalnya keramik Plered Purwakarta, Kasongan, Keramk Pejaten, Bali dan lain-lain. Keramik

bakaran rendah pada umumnya berpori (*porous*), sehingga air didalamnya dapat merembes keluar melalui pori-pori dindingnya. Sering kita jumpai sebuah kendi terubuat dari tanah liat merah setelah diisi air tampak basah bagian dinding luarnya.

## 2. Keramik bakaran tinggi (gerabah keras)

Keramik bakaran tinggi adalah semua barang keramik yang dibakar hingga mencapai suhu pembakaran antara 1250° C dan 1350° C atau lebih. Yang termasuk dalam kelompok gerabah keras diantaranya adalah *stoneware* (lempung batu) dan porselen. Pada umumnya barang-barang keramik hasil dari bakaran tinggi sangat baik untuk tempat menyimpan air, jelasnya air tidak akan merembes keluar dari dinding keramik yang diisi air itu, karena tidak berpori-pori. Bila dipukul-pukul suaranya berdencing nyaring serta tidak akan mudah pecah bila saling bersentuhan dengan benda lainnya. Benda-benda porselen dapat dibuat setipis mungkin, seperti misalnya cangkir porselen yang biasa kita pakai untuk minum tipis sekali sehingga dapat ditembus cahaya lampu.

### 2.2.2 Klasifikasi Membran

Membran adalah Lapisan penghalang selektif yang membiarkan lewat zat-zat tertentu dan mencegah lewatnya zat-zat yang lain atau lapisan tipis yang memisahkan dua fase dan berlaku sebagai penghalang selektif untuk menyalurkan zat-zat.

Menurut jenisnya, membran dapat dibagi dalam empat kelompok yaitu :

## 1. Mikrofiltrasi

Ukuran pasti pori-pori yang sebenarnya masih diperdebatkan. Umumnya dapat menyaring partikel-partikel, koloid-koloid, mikroorganisme- mikroorganisme (termasuk bakteri dan virus) yang berukuran 0.02 hingga 10 mikron, Ukuran fluks terbesar dibandingkan UF, NF, atau RO. Pemisahan berdasarkan pada proses penyaringan (atau dikenal juga sebagai filtrasi permukaan)

Penurunan pengotoran dan fluks:

### 1. Pengotoran Membran Internal

Pemasukan material-material di dalam struktur internal pori-pori dari membran, atau secara langsung ke permukaan membran yang berhubungan dengan adsorpsi, presipitasi, penutupan pori-pori, adhesi partikulat dll.

### 2. Pengotoran Lapisan Cake Eksternal

Formasi dari lapisan cake pada permukaan membran yang berhubungan dengan polarisasi-konsentrasi ketika material yang disaring dibawa ke membran oleh aliran permeasi dan kemudian ditolak oleh membran.

Parameter- parameter proses untuk desain :

#### 1 Fluida untuk disaring

- zat cair atau gas, Komposisi
- kuantitas, viskositas, temperatur dll.

2. Material terikat untuk dihambat
  - komposisi, cair atau padat? Konsentrasi
3. Pertimbangan sistem
  - spesifikasi proses dan material
  - konstansi/variabilitas kecepatan
  - perlu kondisi steril
  - Waktu pemrosesan
  - Kumpulan untuk proses yang berkelanjutan

#### Aplikasi untuk Mikrofiltrasi

1. Produksi air portabel (pembersihan koloid dan bakteri)
2. Pemrosesan mineral
3. Penguatan kontak (pertukaran ion, karbon teraktivasi)
4. Pemisahan Biologis
5. Saringan-saringan suntik

## **2. Ultrafiltrasi**

Membran Ultrafiltrasi digunakan pada Proses penyaringan untuk pemisahan sebagai Mikrofiltrasi. Tekanan yang dimiliki ultrafiltrasi sama dengan Mikrofiltrasi. Perbedaan utama dengan Mikrofiltrasi: ukuran pori-pori (dimana Mikrofiltrasi > 0,1 micron). Untuk pemeliharaan air, Ultrafiltrasi digunakan sebagai operasi klarifikasi

dan disinfeksi untuk memusnahkan semua jenis bakteri dan virus, tekanan pengoprasian 50 hingga 500 Kpa.

### **Osmosis Terbalik (RO)**

- Membran RO adalah operasi yang dikendalikan tekanan dimana pelarut dari larutan ditransfer melalui sebuah membran tebal yang terangkai untuk menahan garam-garaman dan larutan-larutan dengan berat molekular rendah
- Jika sebuah larutan garam kental dipisahkan dari air murni dengan RO, perbedaan dalam potensi kimianya adalah adanya kecenderungan untuk menaikkan difusi air dari keadaan encer ke keadaan kental untuk menyeimbangkan kekentalan.
- Pada titik keseimbangan, perbedaan diantara kedua kompartemen berhubungan dengan tekanan osmosis dari larutan garam.
- Untuk mendapatkan aliran yang ekonomis dan dapat diamati, setidaknya tekanan osmosisnya harus dikeluarkan dua kali.
- Untuk air laut, digunakan tekanan dari 5 hingga 8 Mpa.

### **3. Nanofiltrasi**

Nanofiltrasi dikenal juga dengan RO bertekanan rendah

- Terletak diantara RO dan UF dalam hal selektifitas
- Pemusnahan ion-ion dan organisme-organisme multivalen
- Ion-ion dan organisme-organisme multivalen tak tertolak sempurna (membutuhkan RO)

- NF mengarah pada tekanan balik osmosis yang lebih rendah dari RO
- Tekanan: 0,5 hingga 1,5 Mpa

#### Aplikasi Nanofiltrasi

- 1 Pemurnian air
- 2 Pemusnahan zat-zat organik
- 3 Pemusnahan ion-ion multivalen
- 4 Penguraian garam dari produk reaksi organik
5. Pemusnahan arsenic

**Table 2.1 Klasifikasi Membran**

No	Tipe membrane	Ukuran pori	Tekanan
1.	Mikrofiltrasi	> 50 nm	0,01 -0,5 MPA
2.	Ultrafiltrasi	2 > pori > 50 nm	0,1 – 1 MPA
3.	Nanofiltrasi	< 2 nm	0,5 – 6 MPA

#### 2.2.3 Bahan Baku Keramik

Bahan baku dari keramik (gerabah) pada penelitian ini adalah : bahan alami yaitu bahan-bahan asli yang berasal dari alam dan belum mengalami proses pengolahan oleh manusia, yaitu mineral lempung seperti kaolinit ( $Al_2(Si_2O_3)(OH)_4$ ) dan bentonit ( $Al,Na,Ca, Mg (Si_2O_5) (OH)_2$  ;  $SiO_2$  mengandung mineral seperti pasir silica, dan serbuk gergaji.

## 1. Susunan Tanah Lempung

Mineral lempung adalah mineral yang mempunyai komposisi silikat terhidrat aluminium dan magnesium dan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- 1) Berukuran lebih kecil dari 0,002 m
- 2) Struktur terutama berbentuk lapisan dan sebagian kecil berbentuk rantai.
- 3) Berdosiasi permukaan.

Beberapa lempung terdiri dari sebuah mineral tunggal, tetapi ada juga yang tersusun dari campuran beberapa mineral lempung. Beberapa bahan lempung mengandung variasi dari sejumlah mineral non lempung seperti kuarsa, kalsit, pirit dan feldepar yang merupakan contoh-contoh penting. Selain itu juga, mengandung bahan-bahan organik dalam air (Grim, 1953)

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu tetrahedral dan aluminium oktahendra. Setiap unit tetrahendra (berisi empat) terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silikon. Kombinasi dari unit-unit silika tetrahendra membentuk lembaran silika (*silica sheet*).

## 2. Klasifikasi Mineral Lempung

Berdasarkan struktur mineral lempung dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Grim, 1953) :



## 1. Amorf

Kelompok alofan

## 2. Kristalin

a. Tipe dua lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh satu lapisan silica tetrahedra dan satu lapisan aluminium oktahedra).

i. Ekuidimensional

Kelompok kaolinite : kaolinite, nacrite, dictrite

ii. Memanjang

Kelompok halloysite

b. Tipe tiga lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh dua lapisan silica tetrahedron dan satu pusat lapisan dioktahedral atau triohedral).

i. Kisi yang mengembang

▪ Ekuidimensional

Kelompok montmorillonite : montmoriloni, saukonit, vermikulit

▪ Memanjang

Kelompok montmoriloni : nontronit, saonit, hektorit

ii. Kisi yang tidak mengembang

Kelompok illite

- c. Tipe lapisan campuran yang teratur (susunan yang teratur pada lapisan yang bergantian dari tipe yang berbeda).
- d. Tipe struktur rantai (rantai yang mirip hornblende pada silica tetrahedron yang mengandung atom Al dan Mg)

Kelompok miscellaneous : Atapulgit, sepiolite, poligorskit.

### 3. Sifat Fisik Mineral Lempung

Mineral lempung mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Grim,1953) :

#### 1. Flokulasi dan Deflokulasi

Flokulasi dan deflokulasi melukiskan keadaan agregasi dari butir-butir lempung bila bercampur dengan air, lempung-lempung kering atau mineral lempung dengan cepat akan menyerap air, dan air yang terserap itu akan mengendap dengan pemanasan 100 -200° C. Flokulasi adalah proses penggumpalan butir-butir lempung menjadi gumpalan yang lebih besar, sedangkan deflokulasi merupakan kebalikannya yaitu proses dispersi gumpalan-gumpalan menjadi bagian-bagian yang kecil.

#### 2. Plastisitas

Plastisitas adalah sifat yang memungkinkan lempung dapat diberi bentuk tanpa rekahan-rekahan dan bentuk tersebut akan tetap setelah gaya pembentuknya dihilangkan.

### 3. *Thixotropy*

*Thixotropy* atau daya bersuspensi adalah suatu sifat mineral lempung atau material lempung yang bila bercampur dengan suatu cairan akan membentuk suspensi. Sifat ini berkaitan dengan keplastisan.

4. Tekstur mineral lempung meliputi ukuran dan bentuk partikel lempung yang mempengaruhi keplastisan, kekuatan, mekanis, kemudahan pada pengeringan dan karakter produk setelah dibakar

### 5. Warna lempung

Warna lempung ditentukan oleh kandungan senyawa-senyawa besi atau bahan-bahan karbon, kadang-kadang juga mineral mangan dan titan dalam jumlah yang cukup bisa mempengaruhi warna pada lempung.

### 6. Kekuatan panas pada mineral lempung

Mineral lempung akan kehilangan air pori-pori bila dilakukan pemanasan diatas suhu 150°C, sedangkan pemanasan pada suhu 400-900° C air akan meloncat ke atas dari kisi-kisi sebagai kelompok OH dan struktur kristal akan terhancurkan sebagian atau berubah.

## 4. Sifat Kimiawi Mineral Lempung

Mineral lempung mempunyai sifat-sifat kimiawi sebagai berikut:

### 1. Pertukaran ion

Salah satu sifat yang penting dari mineral lempung adalah pertukaran elektrik pada partikel dengan mineral lempung akan menarik kation dan anion melalui cara penukaran atau menetralsir, artinya dengan mudah digantikan oleh anion dan kation lain saat kontak dengan ion ion lain pada larutan yang encer (Olphen, 1963).

### 2. Interaksi dengan air

#### a. Sifat hidrasi pada kandungan air yang relatif rendah

Sifat mineral lempung dalam air adalah kompleks dan penting sekali. Sifat ini mempertimbangkan penyerapan air oleh mineral lempung dari suatu keadaan yang relatif kering, yaitu interaksi terjadi ketika molekul air melekat pada permukaan partikel atau berhubungan dengan kation yang dapat berpindah. Penyerapan air oleh mineral lempung dapat terjadi baik oleh hidrasi permukaan kristal ataupun pertukaran kation (Olphen, 1963).

#### b. Kandungan air yang tinggi (sifat lempung koloid)

Pengembangan osmosis pada ruang antar lapisan relatif besar diperlihatkan oleh bentuk pertukaran  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Li}^+$  pada montmorilonit yang dapat dijelaskan dari teori lapisan ganda

elektris. Dasarnya adalah lapisan lempung berharga negatif menyebabkan penarikan kation dan penolakan anion (Olphen, 1963).

c. Interaksi dengan bahan organik

Beberapa molekul organik yang terdapat di air, dapat dengan mudah diserap oleh mineral lempung. Pada beberapa, kejadian terutama untuk molekul organik tak terkutub, kekuatan interaksinya relatif lemah hanya dengan penyerapan secara fisik. Ikatan antara mineral lempung dan bahan organik terjadi melalui :

- i. Ikatan hidrogen
- ii. Kekuatan ion dwi kutub
- iii. Pertukaran kation
- iv. Pertukaran anion

Pada lempung-lempung yang kering, muatan negatif di permukaan dinetralkan oleh adanya *exchangable cation* (ion-ion positif yang mudah diganti) lempung tersebut dan terikat pada partikel oleh gaya tarik menarik elektrostik. Bila air kemudian ditambahkan pada lempung tersebut, kation-kation dan sejumlah kecil anion-anion (ion-ion bermuatan negatif) akan

“berenang” diantara partikel-partikel itu. Keadaan seperti ini disebut sebagai lapisan ganda terdifusi (*diffuse double Layer*).

#### **5. Permeabilitas Tanah (Lempung)**

Permeabilitas didefinisikan sebagai bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang cair atau minyak mengalir lewat rongga pori. Pori-pori tanah saling berhubungan antara yang satu dengan yang lainnya, sehingga air dapat mengalir dari titik dengan energi tinggi ke titik energi yang lebih rendah. (Christady, 2002).

Untuk tanah lempung yang dibuat gerabah mengalami perlakuan seperti pemadatan, pengeringan, pembakaran. Gerabah yang masih mentah pori-porinya lebih kecil, karena pori lempung berisi air dan udara, setelah mengalami pembakaran air dan udara menguap sehingga pori melebar.

#### **6. Porositas Tanah (Lempung)**

Porositas merupakan sejumlah ruang pori-pori yang berisi air dan udara. Ruang pori-pori ini menjadi penting karena di dalamnya air dan udara bebas bergerak. Banyaknya air yang bergerak melalui tanah lempung berkaitan erat dengan jumlah dan ukuran pori-pori tanah (tan, 1986)

Banyaknya ruang kosong di dalam tanah pula pada butir-butir, semakin besar butir-butir semakin pula kadar ruang pori demikian pula sebaliknya (Kartasapoetra, 1991). Menurut Sarwo Hardjowigeno udara dan air mengisi pori-pori tanah. Banyaknya pori-pori  $\pm 50\%$  dari volume tanah, sedangkan jumlah air dan udara berubah-ubah.

#### 7. Pasir Kuarsa

Dalam penelitian ini pasir kuarsa digunakan sebagai komposisi campuran dalam pembuatan reactor membran keramik. Pasir kuarsa mempunyai beberapa sifat cukup spesifik, sehingga untuk pemanfaatannya yang maksimal diperlukan pengetahuan yang cukup mengenai sifat-sifatnya. Sifat-sifat tersebut antara lain :

- a. Bentuk butiran pasir. Bentuk butiran pasir dapat dibagi 4 (empat) macam yaitu : membulat (*rounded*), menyudut tanggung (*sub-angular*), menyudut (*angular*), dan gabungan (*compound*). Pasir yang berbentuk bundar memberikan kelolosan yang lebih tinggi daripada bentuk yang menyudut.
- b. Ukuran butiran pasir. Butiran pasir yang berukuran besar/kasar memberikan kelolosan yang lebih besar sedangkan yang berbutir halus memberikan kelolosan yang lebih rendah. Pasir yang berbutir halus mempunyai luas permukaan yang lebih luas.

- c. Sebaran ukuran butiran pasir, dapat dibagi menjadi 4 macam, yaitu:
1. Sebaran ukuran butir sempit. yaitu susunan ukuran butir hanya terdiri dari kurang lebih 2 (dua) macam saja
  2. Sebaran ukuran butir sangat sempit, yaitu 90 % ukuran butir pasir terdiri dari satu macam saja.
  3. Sebaran butir pasir lebar, yaitu susunan ukuran butir terdiri dari kurang lebih 3 (tiga) macam.
  4. Sebaran ukuran butir pasir sangat lebar, yaitu susunan ukuran butiran pasir terdiri dari lebih dari tiga (tiga) macam.
- d. Susunan kimia, beberapa senyawa kimia yang perlu diperhatikan dalam pasir kuarsa adalah  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Kandungan  $\text{SiO}_2$  dipilih setinggi mungkin dan kandungan senyawa yang lain serendah mungkin. Makin tinggi kandungan  $\text{SiO}_2$  makin tinggi daya penyerapannya. Secara umum pasir kuarsa Indonesia mempunyai komposisi:
- a.  $\text{SiO}_2$  : 35.50 - 99.85 %
  - b.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  : 0.01 – 9.14 %
  - c.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  : 0.01 – 18.00 %
  - d.  $\text{CaO}$  : 0.01 – 0.29 %



## 8. Serbuk Gergaji

Serbuk gergaji digunakan sebagai campuran dalam pembuatan reaktor membran keramik. Serbuk gergaji merupakan limbah yang selalu ada pada tiap industri pengolahan kayu. Pada industri penggergajian, serbuk gergaji yang dihasilkan berkisar 11-15%, sedang pada industri kayu lapis dan molding biasanya lebih kecil. Besarnya persentase limbah serbuk gergaji yang dihasilkan pada proses pengolahan kayu seperti penggergajian, tergantung dari beberapa faktor seperti jenis kayu, tipe gergaji, tebal bilah gergaji (kerf), diameter log, kualitas yang ingin dihasilkan dan lain-lain.

Serbuk gergaji umumnya banyak dimanfaatkan untuk bahan baku tungku pemanas atau bila diperkirakan akan menguntungkan, dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan papan partikel. Juga dapat ada yang dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan di persemaian. Selain itu, serbuk gergaji dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan briket arang (Suprpto, 1995).

Sumber dan besarnya limbah serbuk gergaji di Kalimantan Timur dapat dilihat pada table 2.1 berikut ini :

**Tabel 2.2 Macam dan perkiraan jumlah limbah serbuk gergaji di Kalimantan Timur**

No	Kegiatan Sumber Limbah	Volume Pertahun m <sup>2</sup>
1	Pemotongan	37,625
1	Pemotongan Kayu Lapis	1254,000
2	Penghalusan/ Amplas	1756,000
3	Sawmil	79,136
<b>Jumlah</b>		<b>3126,761</b>

Sumber : Laporan Penelitian, Studi Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji untuk Bahan Baku briket Arang oleh Bandi Suprptono dkk, Lemlit Unmul 1995.

Jenis kayu yang diolah di Kalimantan Timur beserta kandungan kimianya dapat dilihat dalam tabel 2.2 berikut ini :

**Tabel 2.3 Jenis kayu dan Kandungan Kimianya yang banyak diolah di Kalimantan Timur.**

Kandungan Kimia	Jenis Kayu		
	Kapur	Meranti	Bangkirai
Sellulosa (%)	60,0	50,76	52,9
Lignin (%)	26,9	30,60	24,0
Pentosa (%)	11,7	17,76	21,7
Abu (%)	0,8	0,68	1,0
Silika (%)	0,6	0,29	0,4

Sumber : Laporan Penelitian, Studi Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji untuk Bahan Baku briket Arang oleh Bandi Suprptono dkk, Lemlit Unmul 1995

Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada 4 (empat) faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas *effluent* serta masa operasi membran keramik yaitu :

- a. *Kualitas air baku*, Semakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.
- b. *Suhu*, Suhu yang baik yaitu antara 20– 30 °C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi – reaksi kimia.
- c. *Kecepatan penyaringan*, Pemisahan bahan–bahan tersuspensi dengan penyaringan tidak dipengaruhi oleh kecepatan penyaringan. Berbagai hasil penelitian ternyata kecepatan penyaringan tidak banyak mempengaruhi terhadap kualitas *effluent*. Kecepatan penyaringan lebih banyak terhadap masa operasi saringan ( Huisman, 1975 )
- d. *Diameter pori*, Secara umum kualitas efluen yang dihasilkan akan lebih baik dengan bila lapisan ukuran pori pada keramik semakin kecil. Jika diameter pori yang digunakan kecil maka yang terbentuk juga kecil. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyaringan.

#### **2.2.4. Pembuatan Keramik**

Pembuatan keramik dimulai dari proses pengolahan tanah, pembentukan badan keramik, pengeringan, penyusunan dalam tungku pembakaran. Keramik maju sendiri dikelompokkan menjadi dua golongan besar yaitu structural keramik dengan

produk seperti keramik nuklir, seratkaca, dan busi dan fungsional keramik dengan produk seperti kapasitor, keamik magnet dan masih banyak lagi.

### **1. Pengolahan bahan baku.**

Bahan pembuat keramik harus diolah terlebih dahulu sebelum bahan siap dibentuk karena hampir semua bahan alami murni mengandung banyak grit. Pemisahan dapat dilakukan secara manual atau secara mekanis. Bahan-bahan keramik alam dihancurkan, disaring dan diambil ukuran butir bahan yang dikehendaki. Penyaringan dapat dilakukan dengan cara basah atau kering.

### **2. Pembentukan badan keramik**

Pembentukan badan keramik ada beberapa cara antara lain *die pressing*, *rubbermold pressing*, *extrusion molding*, *slip testing* dan *injection molding* (Ichinose, 1997). *Die Pressing* (tekan mati) digunakan pada bahan pembuat tepung dengan kadar cairan 10-20% dan cukup menjadi padat dengan tekanan. Produknya antara lain jubin lantai dan jubin dinding. *Rubber mold pressing* digunakan pada bubuk padat seragam. Disebut *rubber mold pressing* karena penggunaan cetakan yang seperti sarung dari batu penggosok. Bahan diletakkan dalam cetakan dan ditekan dengan menggunakan tekanan hidrostatik dalam ruang.

*Ektrusion molding* merupakan pembentukan bahan dengan menggunakan menggeser campuran bahan plastis kaku pada lubang mati,

contoh produknya adalah pipa selokan dan ubin lekuk. *Slip casting* dipakai jika larutan bahan cukup encer dan dimanfaatkan untuk membuat barang-barang yang cukup banyak. *Injection molding* merupakan teknik pembuatan badan keramik dengan cara menekan bahan keramik pada cetakan.

### 3. Pengeringan

Pengeringan disini dimaksudkan untuk menghilangkan apa yang disebut dengan plastisnya saja, sedang air yang terikat dalam molekul tanah liat (air kimia) hanya bias dihilangkan melalui pembakaran. Tujuan dari pembakaran adalah untuk membarikan kekuatan kepada barang-barang mentah sehingga dapat disusun dalam tungku dan menghilangkan air yang berlebihan, yang menimbulkan kesukaran-kesukaran dalam proses pembakaran. Kerusakan yang dapat terjadi antara lain perubahan bentuk dan retak-retak

Beberapa cara pengeringan yang dapat dilakukan antara lain dianginkan, dipanaskan dalam alat khusus dan membungkus benda dengan kain yang agak basah (Astuti, 1997). Pada pembuatan keramik dengan teknologi maju, proses pengeringan ini dilakukan langsung dengan proses pembakaran.

### 4. Pembakaran

Proses pembakaran bahan keramik sering juga disebut *Sinering processes*. Suhu yang dipakai dalam pembakaran sangat tergantung dari metode, bahan yang akan dibakar dan benda hasil bakar. Sebagai contoh pada metode standar *Pressure sintering* dengan materi dasar  $\text{Si}_3\text{N}_4$  memerlukan

suhu 1700°C-1800°C pada gas Nitrogen ( $N_2$ ). *Hot pressing* dengan bahan dasar  $Si_3N_4$  memerlukan suhu 1700°C-1800°C dengan tekanan 200-500  $Kg/cm^2$ . *reaction sintering* dengan bahan dasar  $SiO_2$  dibakar pada suhu 1350 °C -1600°C. *Chemical vapor deposition (CVD)* dengan bahan dasar  $SiH_4$  dan  $NH_3$  dipanaskan pada suhu 800°C-1400°C. selain itu masih ada metode-metode lain seperti *Hot Isolatic Press (HIP)*, *atmospheric pressure sintering*, *Ultra high pressure sintering*, *Post reaction sintering* dan *recrystallization sintering* (Ichinose, 1987).

Dalam proses pembakaran, jenis air yang harus dihilangkan adalah air suspensi, air antar partikel, air pori antar partikel setelah pengerutan, air terserap (*adsorpsi*) pada partikel dan air kisi dalam struktur kristalnya (Hartono, 1992).

**Tahap dalam pembakaran dapat dijelaskan sebagai berikut :**

**1) Tahap penghilangan uap**

Suhu bakar tahap ini berlangsung dari awal sampai sekitar suhu 500°C. tujuannya adalah untuk menghilangkan molekul-molekul air pada bahan, membakar unsur karbon dan unsur organik bahan. Pembakaran harus dilakukan perlahan-lahan sampai semua molekul air hilang, jangan sampai ada molekul air yang terjebak dalam bahan karena akan terjadi letupan yang merusak bahan. Pada suhu 300°C-400°C zat-zat organik dan unsur karbon akan terbakar habis.

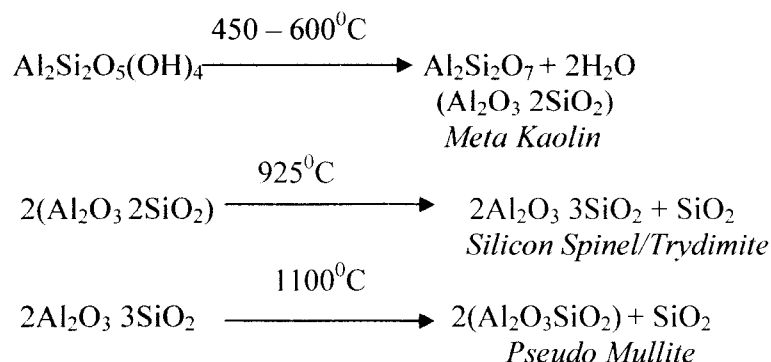
## 2) Tahap penggelasan

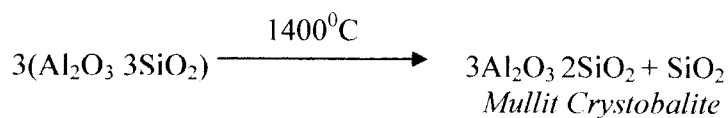
Setelah air dalam bahan habis, suhu dapat ditingkatkan sedikit demi sedikit. Pembakaran suhu yang paling menentukan adalah pada suhu 573°C. pada suhu ini tungku pembakaran mulai menjadi merah panas dan terjadi penggantian fisik silica. Pada proses pendinginan suhu 573°C juga merupakan titik kritis, sehingga sering disebut sebagai *inverse kwarsa*. Setelah suhu mencapai 600°C tingkat bakar dapat dipercepat sampai terbentuk sinter (kilau) dari bahan yaitu terjadi pada suhu 900°C-1200°C

## 3) Tahap pendinginan

Pendinginan dilakukan perlahan-lahan, setelah suhu bakar yang dikehendaki tercapai. Jika suhu pembakaran dihentikan maka suhu tungku akan turun sedikit demi sedikit, sampai pada suhu kamar. Penurunan suhu yang demikian bertujuan untuk menghindari terjadinya keretakan pada keramik dan menjaga kondisi tungku bakar (Astuti, 1997). Untuk tungku bakar yang bagus disediakan fasilitas pendingin dengan mengalirkan udara.

**Proses perubahan bentonit alam dalam pembakaran :**





Perubahan komposisi kaolin dalam pembakaran adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.4 Perubahan Komposisi Kaolin Dalam Pembakaran**

Temperatur	Peristiwa yang Terjadi
30 -150°C	- Penguapan air mekanis dan air terserap
500 – 600°C	- Penguapan air mineral/ air kimia/ air kristal dari mineral lempung kaolinit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
850 – 1050°C	- Terjadi reaksi eksotermal ketika terjadi reaksi peruraian keseimbangan (disosiasi) membentuk Mullite dan Trydimite $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \rightarrow 3\text{AlO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \text{ (amorph)} + 4\text{SiO}_2 \text{ (trydimate)}$
1350°C	- Kristalisasi awal dari mineral Mullite ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ )
1470°C	- Tyrdimite berubah menjadi Crystobalite stabil ( $\text{SiO}_2$ )
+ 2000°C	- Melebur

### 2.3 Parameter Yang Akan Diuji

Pada penelitian ini parameter yang akan diteliti adalah **kromium (Cr)**.

#### 2.3.1 Kromium (Cr)

Salah satu logam transisi yang penting adalah kromium (Cr). Sepuhan kromium (chrome plating) banyak digunakan pada peralatan sehari-hari. Dalam bidang industri, kromium diperlukan dalam dua bentuk yaitu: kromium murni dan

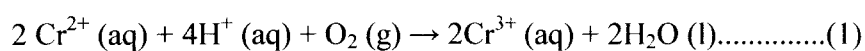


aliansi besi-kromium yang disebut ferokromium sedangkan logam kromium murni tidak pernah di temukan di alam. (Achmad, Hiskia, 1992)

Senyawa kromium mempunyai warna yang sangat menarik dan digunakan sebagai pigmen kuning krom (timbal(II)kromat) dan hijau krom (kromium(III)oksida). Kromium dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II).

Berdasarkan sifat-sifat kimia, logam kromium dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi +2, +3, dan +6. Logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab, bahkan pada proses pemanasan, cairan logam teroksidasi dalam jumlah yang sangat sedikit, akan tetapi dalam udara yang mengandung karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dalam konsentrasi tinggi, logam Cr dapat mengalami peristiwa oksidasi dan membentuk Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Kromium merupakan logam yang sangat mudah bereaksi, logam ini secara langsung dapat bereaksi dengan hidrogen, karbon, silika dan boron. (palar,1994)

Senyawa-senyawa yang dapat dibentuk oleh kromium mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan valensi yang dimilikinya. Senyawa yang terbentuk dari logam Cr<sup>2+</sup> akan bersifat basa, dalam larutan air kromium (II) adalah reduktor kuat dan mudah dioksidasi di udara menjadi senyawa kromium (III) dengan reaksi :



Senyawa yang terbentuk dari ion kromium (III) atau Cr<sup>3+</sup> bersifat amponer dan merupakan ion yang paling stabil diantara kation logam transisi yang lainnya

serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  akan bersifat asam.  $\text{Cr}^{3+}$  dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Krom hidroksida ini tidak terlarut dalam air pada kondisi pH optimal 8,5 -9,5 akan tetapi akan melarut lebih tinggi pada kondisi pH rendah atau asam.  $\text{Cr}^{6+}$  sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari  $\text{Cr}^{6+}$  menjadi  $\text{Cr}^{3+}$ . (palar,1994)

Beberapa sifat kromium dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

**Tabel 2.5 Beberapa sifat fisik logam kromium**

Lambang	Cr
Nomer atom	24
Massa atom relative (Ar)	51,996
Konfigurasi elektron	$3d^5 4s^1$
Jari-jari atom (nm)	0,117
Jari-jari ion $\text{M}^{3+}$ (nm)	0.069
Keelektronegativitas	1,6
Energi ionisasi (I) $\text{kJ mol}^{-1}$	659
Kerapatan ( $\text{g cm}^{-3}$ )	7,19
Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	1890
Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	2475
Bilangan oksidasi	2, 3, 6
Potensial elektroda	-
$\text{M}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e} \rightarrow \text{M}_{(\text{s})}$	-0,56
$\text{M}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{e} \rightarrow \text{M}^{2+}_{(\text{aq})}$	-0,41

(Sumber : Achmad, H, 1992 Kimia unsur dan radiokimia)

### **Kromium (Cr) dalam lingkungan**

Logam krom dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Kromium yang masuk ke dalam strata lingkungan datang dari berbagai sumber, tetapi yang paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan pembakaran dan mobilisasi bahan bakar. Masuknya krom ke lapisan udara dari strata lingkungan adalah dari pembakaran, mobilitas batu bara dan minyak bumi.

Logam krom dapat masuk ke badan perairan melalui dua cara yaitu cara alamiah dan non alamiah. Masuknya krom secara alamiah disebabkan oleh faktor fisika, seperti erosi (pengikisan) yang terjadi pada batuan atau mineral. Disamping itu, debu dan partikel krom di udara akan dibawa turun oleh air hujan. Secara non alamiah masuknya krom lebih merupakan dampak dari aktivitas manusia, yang dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga. (palar, 1994)

Logam krom dalam perairan akan mengalami proses kimia seperti reaksi reduksi-oksidasi (redoks), yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan atau sedimentasi logam krom didasar perairan. Peroses kimiawi yang berlangsung dalam badan air juga dapat mengakibatkan terjadinya reduksi dari senyawa-senyawa  $\text{Cr}^{6+}$  yang sangat beracun menjadi  $\text{Cr}^{3+}$  yang kurang beracun. Peristiwa reduksi ini dapat berlangsung apabila kondisi air bersifat asam. Untuk perairan dengan kondisi basa, ion-ion  $\text{Cr}^{3+}$  akan mengendap didasar perairan.



### **Kegunaan Krom (Cr) Dalam Kehidupan**

Kromium telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Dalam industri *metallurgy*, logam ini banyak digunakan dalam penyepuhan logam (chromium plating) yang memberikan dua sifat, yaitu *dekoratif* dan sifat kekerasan yang mana chromium plating ini banyak digunakan pada macam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke alat transportasi. (Breck, W.G and Brown. R.C.1997)

Kromium dapat pula digunakan dalam alat penganalisa napas yang mana alat ini digunakan polisi untuk menangkap peminum alkohol yang mengemudi mobil. Dalam bidang kesehatan, kromium dapat digunakan sebagai orthopedi, radioisotope kromium dalam bentuk  $Cr^{51}$  yang dapat menghasilkan sinar gamma yang digunakan untuk penandaan sel-sel darah merah serta sebagai penjinak tumor tertentu. (Palar, 1994)

Dalam industri kimia, krom digunakan sebagai:

- 1) Cat pigment (dying), dapat berwarna merah, kuning, orange dan hijau.
- 2) Elektroplating (chrome plating)
- 3) Penyamakan kulit (tanning)
- 4) Treatment woll

Dari aktivitas atau kegiatan di atas merupakan kontributor/ sumber utama terjadinya pencemaran krom ke air dan limbah padat dari sisa proses penyamakan kulit juga dapat menjadi sumber kontaminasi air tanah

### **Keracunan Kromium (Cr)**

Sebagai logam berat, krom termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh krom ditentukan oleh valensi ionnya. Logam  $\text{Cr}^{6+}$  merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya dikarenakan  $\text{Cr}^{6+}$  merupakan *toxic* yang sangat kuat dan dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis. (Soemirat, 1994)

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadi pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan krom pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan krom dalam urien, kristal asam kromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit, akan tetapi penggunaan senyawa tersebut seringkali mengakibatkan keracunan.

Kontaminasi logam krom (Cr) dapat terjadi melalui:

#### 1. Penghisapan udara tercemar

Dengan menghisap udara yang tercemar oleh krom akan mengakibatkan peradangan dan kanker paru-paru. Pengaruh terhadap gangguan pernapasan yaitu iritasi paru-paru akibat menghisap debu krom (Cr) dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi kronis. Pada pekerjaan *chrome-plating* dan pada industri penyamakan kulit sering terjadi kasus luka pada *mocusa* hidung.

## 2. Kontak langsung

Bisul merupakan salah satu ciri luka yang diakibatkan oleh kontak dengan kromat pada kulit, dan luka akan membengkak bernanah selama beberapa minggu. Selain itu, karakter luka akibat kontak dengan kromat dapat pula berupa luka pada lubang hidung, lalu merambat keselaput lendir sehingga saluran pernapasan akan terganggu

## 3. Makanan dan minuman

Kromium yang masuk ke dalam jaringan tubuh melalui air minum akan terlimbun di liver, limfa, dan ginjal secara bersamaan, dalam waktu yang panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker

## 2.4 Hipotesa

Terjadi penurunan konsentrasi kromium (Cr) setelah melalui proses filtrasi dengan menggunakan membran kera

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian Laboratorium( *Labour Experiment* ), yang dilakukan dengan percobaan dalam batasan waktu tertentu terhadap kandungan kromium (Cr) dengan menggunakan membran keramik.

#### **3.2 Objek Penelitian**

Sebagai objek penelitian ini adalah kromium (Cr) yang berasal dari laboratorium Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### **3.3 Lokasi Penelitian**

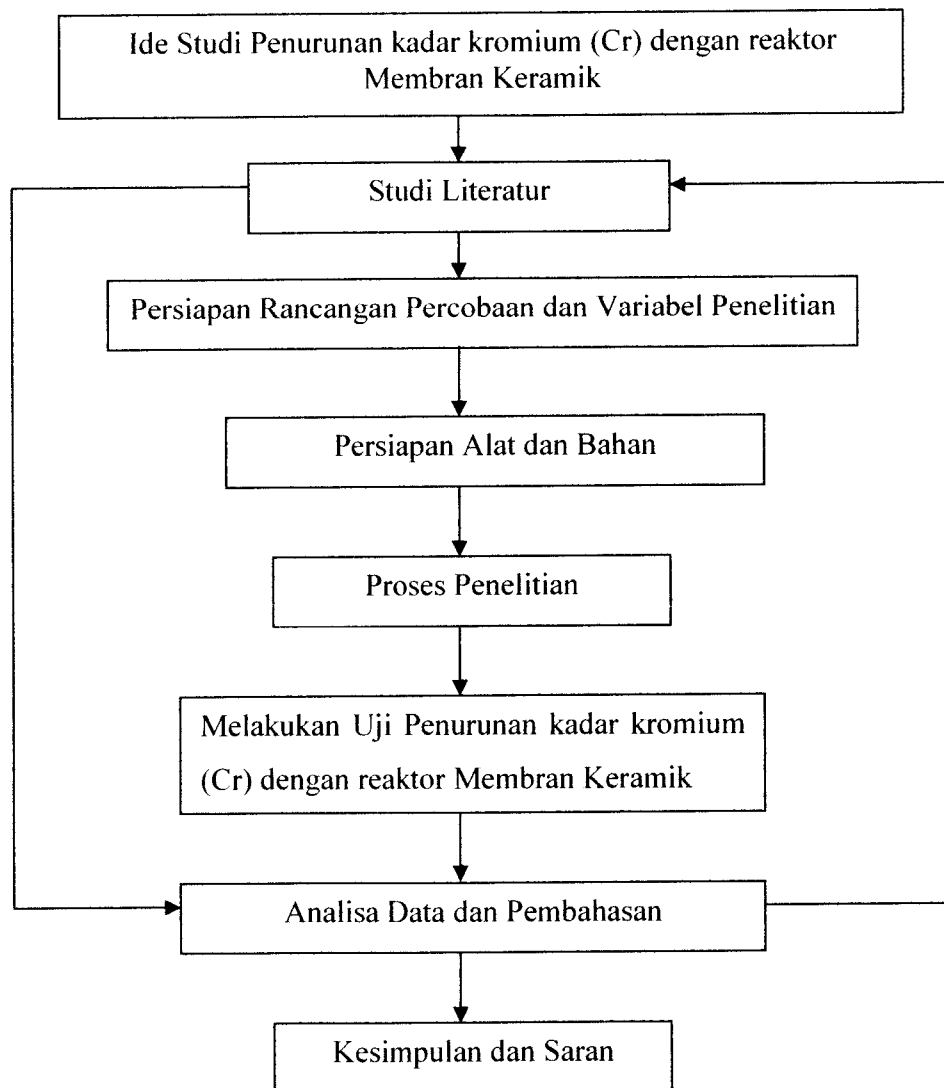
Lokasi pengambilan sampel adalah di laboratorium Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta dan sebagai tempat analisa sampel yaitu di Laboratorium Teknik Lingkungan, UII, Yogyakarta.

#### **3.4 Waktu Penelitian**

Waktu penelitian dilakukan pada bulan september 2006- januari 2007 yang dilanjutkan dengan pengolahan data, penyusunan data dan penyusunan skripsi.

### 3.5 Metode Penelitian

Untuk mendapatkan data-data dalam penelitian ini, maka dilakukan tahapan-tahapan, adapun tahapan-tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini:



**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian**



### **3.6 Parameter dan Variabel Penelitian**

#### **3.6.1 Parameter Penelitian**

Parameter yang diteliti adalah kromium (Cr).

#### **3.6.2 Variabel Penelitian**

##### 1. Variabel bebas ( *Independent Variable* )

- Variasi komposisi serbuk gergaji 7.5%, dan 10% dalam menurunkan konsentrasi kromium (Cr).
- Variasi waktu 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit dan 300 menit untuk menghitung laju penurunan kromium (Cr).
- Tinggi media 12,5 cm.
- Diameter keramik 9 cm.

##### 2. Variabel terikat ( *Dependent Variable* ).

### **3.7 Tahapan Penelitian**

#### **a. Studi Literatur**

Studi literatur dilaksanakan untuk mendasari dan menunjang penelitian yang dilakukan. Sumber literatur yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, laporan penelitian terkait, jurnal-jurnal dan penelusuran di internet.

## **b. Persiapan Penelitian**

Bahan-bahan dan alat dalam penelitian adalah :

- a. Pasir kuarsa (silika) 10% dari berat tanah lempung 5 kg .
- b. Tanah lempung
- c. Serbuk gergaji 1 kg
- d. Pipa PVC ukuran inchi
- e. Stop kran  $\frac{3}{4}$  “ 2 buah
- f. Bak penampung (ember)
- g. Batol sampel air limbah

## **3.8 Cara Kerja**

### **3.8.1 Desain reaktor**

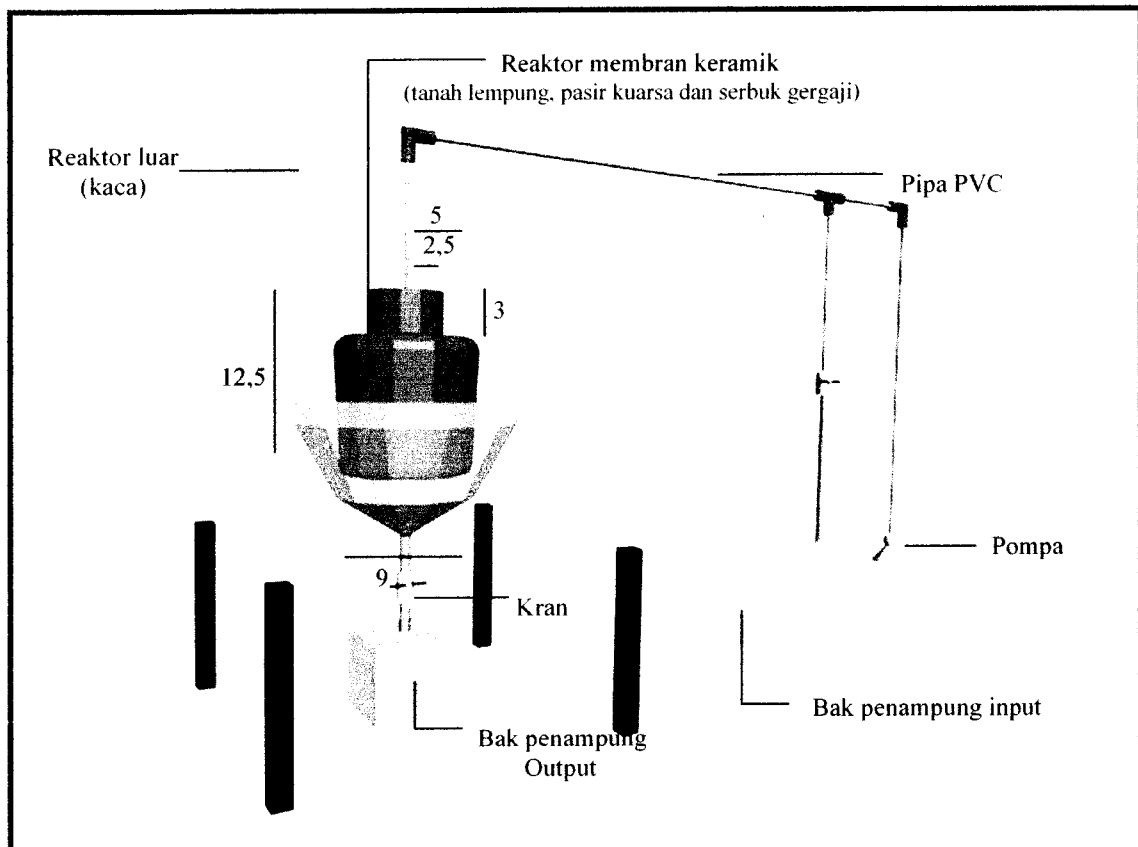
Perencanaan pembuatan reaktor yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Tanah Lempung
2. Pasir Kuarsa

Komposisi pasir kuarsa adalah 10% dari berat tanah lempung, untuk setiap 5 kg tanah lempung.

3. Serbuk Gergaji

Serbuk gergaji diambil dari sisa penggergajian dengan penggunaan mesin listrik, yang berukuran sekitar  $\geq 50$  mesh. Untuk disaring dengan ayakan.



**Gambar 3.2. Gambar Reaktor Membran Keramik**

### 3.8.2 Reaktor Membran Keramik

Reaktor yang direncanakan terbuat dari komposisi antara tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji. Proses dari reaktor ini adalah air limbah dari tempat penampungan (inlet) akan mengalir melalui pipa menuju membran keramik (gerabah), dengan bantuan pompa. Air limbah yang mengalir kedalam membran

keramik tersebut akan merembes melewati pori-pori dinding keramik, yang kemudian ditampung didalam reaktor luar. Air limbah yang ditampung didalam reaktor luar dialirkan ke pipa outlet untuk kemudian diteliti (diuji) di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan.

### 3.9 Analisa Laboratorium

Effluent hasil penyaringan dianalisa di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII Yogyakarta sesuai dengan standar SNI, yaitu menggunakan metode titrimetri dengan SK SNI M -79 – 1990 – 03.

### 3.10 Analisis Data

Data hasil percobaan akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar *Escherichia Coli* dan TDS pada air limbah domestik dalam penelitian ini digunakan formula sebagai berikut :

$$E = \frac{\text{Kadar Awal} - \text{Kadar Akhir}}{\text{Kadar Awal}} \times 100 \%$$

Pada penelitian ini untuk analisis data digunakan T-Test (Uji t). Tujuan dari dilakukannya uji t dua variabel bebas adalah untuk membandingkan (membedakan) apakah kedua variabel tersebut sama atau berbeda. Gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi) hasil penelitian yang berupa perbandingan

keadaan variabel dari dua rata-rata sampel. Atau dengan kata lain, t-test digunakan untuk menguji rata-rata tetapi variannya tidak diketahui.

Adapun langkah-langkah dalam mengerjakan Uji t dua variabel adalah sebagai berikut :

**Langkah 1.** Membuat  $H_a$  dan  $H_o$  dalam bentuk kalimat :

$H_a$  : Terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua variabel yang dibandingkan (dibedakan).

$H_o$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua variabel yang dibandingkan (dibedakan).

**Langkah 2.** Membuat  $H_a$  dan  $H_o$  model statistik :

$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$

$H_o : \mu_1 = \mu_2$

**Langkah 3.** Mencari rata-rata ( $\bar{x}$ ), standar deviasi (s), dan varians (S).

**Langkah 4.** Mencari  $t_{hitung}$  dengan rumus :

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S1}{n1} + \frac{S2}{n2} - 2r\left(\frac{s1}{\sqrt{n1}}\right) + \left(\frac{s2}{\sqrt{n2}}\right)}}$$

$r$  = nilai korelasi  $X_1$  dengan  $X_2$

$n$  = jumlah sampel

$\bar{x}_1$  = rata-rata sampel ke-1

$\bar{x}_2$  = rata-rata sampel ke-2

$s_1$  = standar deviasi sampel ke-1

$s_2$  = standar deviasi sampel ke-2

$S_1$  = varians sampel ke-1

$S_2$  = varians sampel ke-2

**Langkah 5.** Menentukan kaidah pengujian

- Taraf signifikasinya ( $\alpha$ )
- Dengan menggunakan rumus  $dk = n_1 + n_2 - 2$  akan diperoleh nilai  $t_{tabel}$ .
- Kriteria pengujian dua pihak

Jika  $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq +t_{tabel}$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak.

**Langkah 6.** Membandingkan  $t_{tabel}$  dengan  $t_{hitung}$ .

**Langkah 7.** Membuat Kesimpulan

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Limbah laboratorium merupakan salah satu limbah yang sangat berbahaya apabila tidak ditangani dengan benar karena sifat limbah laboratorium antara lain yaitu adanya cairan yang mudah terbakar, pencemar toksik seperti sianida, sulfida, fenol, formaldehida, logam beracun. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun.

Membran keramik merupakan salah satu alternatif yang digunakan untuk mengolah air limbah, dimana air limbah yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses yaitu reaktor membran keramik. Penggunaan keramik berpori sebagai filter atau membran semakin meningkat dewasa ini dan terdapat peluang untuk memanfaatkan limbah anorganik seperti serbuk gergaji sebagai bahan baku keramik.

Proses yang ada dalam pengolahan menggunakan membran keramik yaitu proses penyaringan, proses sedimentasi, proses adsorpsi. Prinsip dasar dari membran keramik adalah mengalirkan air limbah ke dalam membran keramik melalui pipa dengan menggunakan bantuan pompa. Proses filtrasi yang terjadi yaitu air sampel akan meresap melalui pori-pori yang terdapat pada permukaan membran keramik, pada membran keramik terjadi penyaringan dan penyerapan. Untuk membantu

pengolahan air limbah dengan membran keramik digunakan pompa dengan spesifikasi, yaitu:  $H_{\max} = 1$  m,  $Q_{\max} = 900$  L/h,  $A_c = 220 - 240$  Volt/ Hz, dan  $W = 15$  watt.

Pada penelitian ini menggunakan variasi membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 %, dan 10 % dari berat tanah. Variasi waktu yang digunakan untuk mengetahui tingkat kejenuhan membran keramik yaitu 60, 120, 180, 240 dan 300 menit. Kapasitas membran keramik yang digunakan pada skala laboratorium yaitu  $795 \text{ cm}^3$ . Dengan kapasitas tersebut pada membran keramik maka dapat menghasilkan air bersih 520 ml untuk variasi serbuk gergaji 7,5% dan 1280 ml untuk variasi serbuk gergaji 10% per 60 menit. Air bersih yang dihasilkan dari variasi membran keramik 10% lebih banyak dari pada air bersih yang dihasilkan dari membran keramik 7,5%, hal ini disebabkan pori-pori pada membran keramik 10% lebih kecil dari pada pori-pori membran keramik 7,5% sehingga air lebih cepat merembes melalui dinding- dinding keramik.

#### 4.1 Data Hasil Uji Laboratorium

Untuk mengetahui besarnya diameter porositas membran keramik di lakukan uji porositas di laboratorium BATAN, sehingga diketahui:

**Tabel 4.1. Porositas Membran Keramik Berdasarkan Variasi Serbuk Gergaji**

Membran Keramik (%)	Porositas (Mikron)
7,5	$34,4026 \times 10^{-4}$
10	$33,8918 \times 10^{-4}$

Sumber : Data Primer, 2006



Adapun data hasil uji laboratorium untuk parameter logam kromium (Cr) dari air limbah laboratorium kualitas lingkungan berdasarkan variasi membran keramik yang digunakan yaitu:

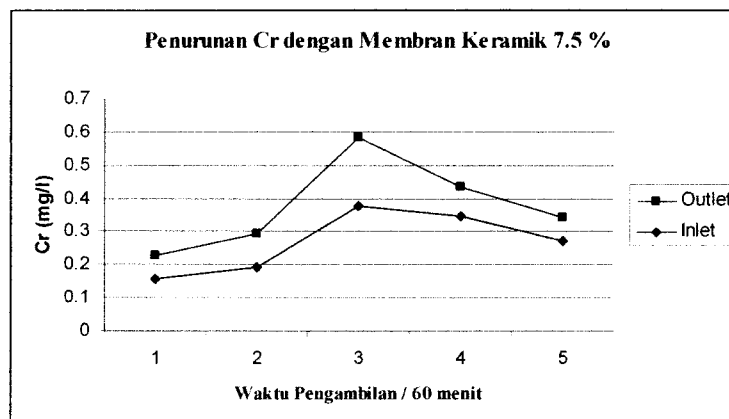
1. Membran keramik 7.5%

Adapun data hasil pengujian kromium (Cr) dan efisiensinya dengan menggunakan membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dari berat tanah dapat dilihat pada Tabel 4.1, Gambar 4.1 dibawah ini:

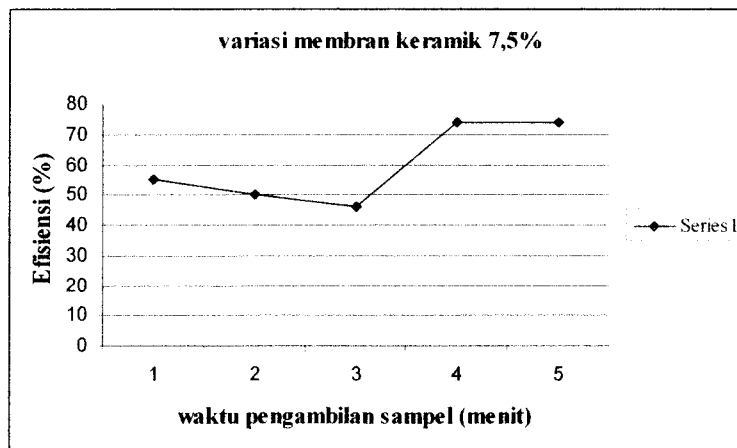
**Tabel 4.2 Penurunan Cr dengan membran keramik 7.5 %**

No	Menit Ke-	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	Removal (%)
1	60	0.158	0.071	55.06
2	120	0.194	0.097	50
3	180	0.377	0.204	45.88
4	240	0.344	0.089	74.13
5	300	0.270	0.071	73.7

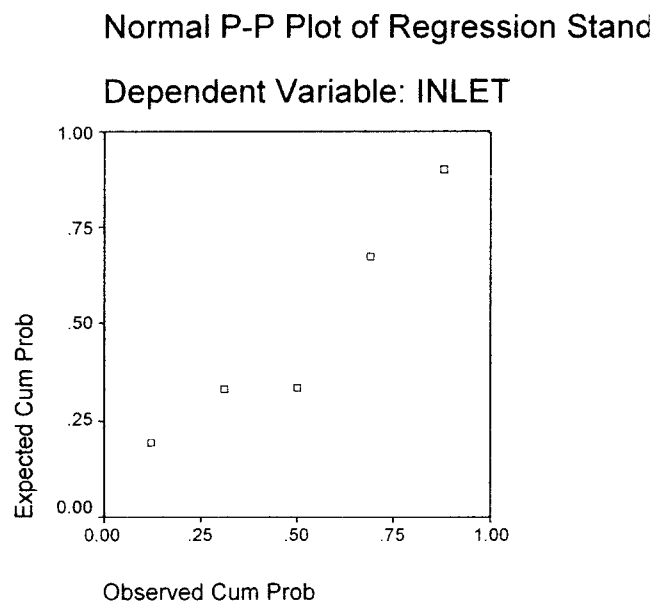
Sumber : Data Primer, 2006



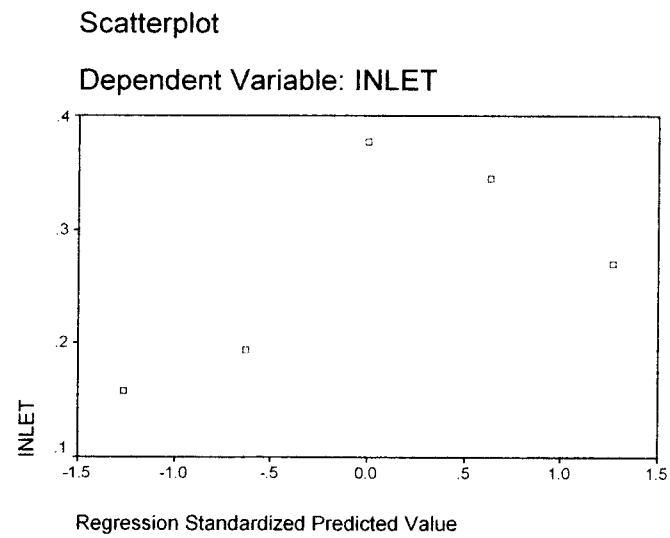
**Gambar 4.1 Penurunan Cr dengan membran keramik 7.5 %**



**Gambar 4.2. Efisiensi Membran Keramik Variasi Serbuk Gergaji 7,5 %  
Dalam Penurunan kromium (Cr)**



**Gambar 4.3 Regresi Linier Inlet pada Membran Keramik 7,5 %**



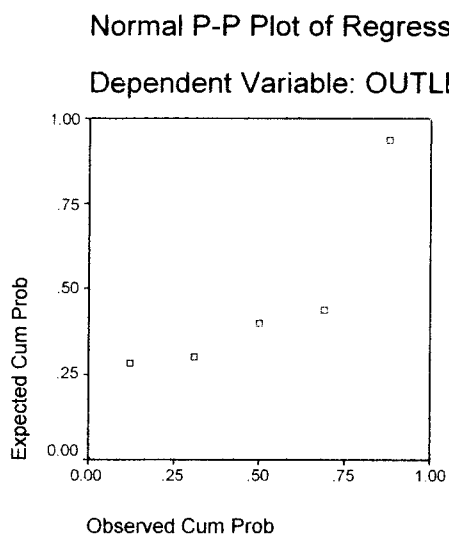
**Gambar 4.4** Dependent Variabel Inlet pada Membran Keramik 7,5 %

**Tabel 4.3** Data Koefisien Pada Inlet 7,5 %

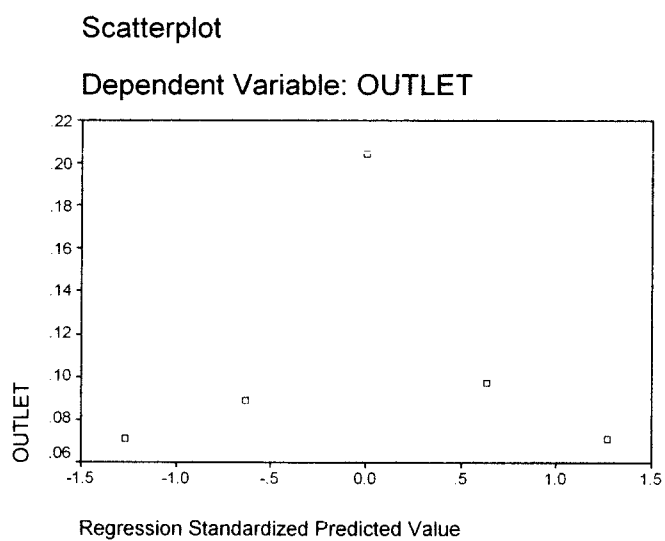
**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.156	.088		1.772	.175
	WAKTU	.001	.000	.630	1.405	.255

a. Dependent Variable: INLET



**Gambar 4.5 Regresi Linier Outlet pada Membran Keramik 7,5 %**



**Gambar 4.6 Dependend Variabel Outlet pada Membran Keramik 7,5 %**

Tabel 4.4 Data Koefisien Pada Outlet 7,5 %

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.109	.067		1.612	.205
	WAKTU	-1.33E-05	.000	-.023	-.039	.971

a. Dependent Variable: OUTLET

Adapun hasil pengujian konsentrasi kromium (Cr) dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2, efisiensi dari penggunaan membran keramik 7,5 % dalam menurunkan konsentrasi kromium berturut-turut per 1 jam dalam waktu 5 jam yaitu 55.06 %, 50 %, 45.88 %, 74.13 %, dan 73.70 %. Dari hasil yang didapat efisiensi yang terbesar terjadi pada waktu jam ke 4 yaitu sebesar 74.13 %. Pada uji regresi linier pada inlet dan outletnya berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.5 hasilnya menunjukkan adanya kecenderungan untuk naik, dan didapatkan nilai persamaan pada inlet dan outletnya sebagai berikut :

- $Y = 0,156 + 0,001 X$
- $Y = 0,109 - 1,33 \cdot 10^{-5} X$

Persamaan ini didapatkan dari nilai B pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4, sedangkan nilai X adalah variasi waktu untuk mendapatkan nilai dari titik jenuh pada membran keramik.

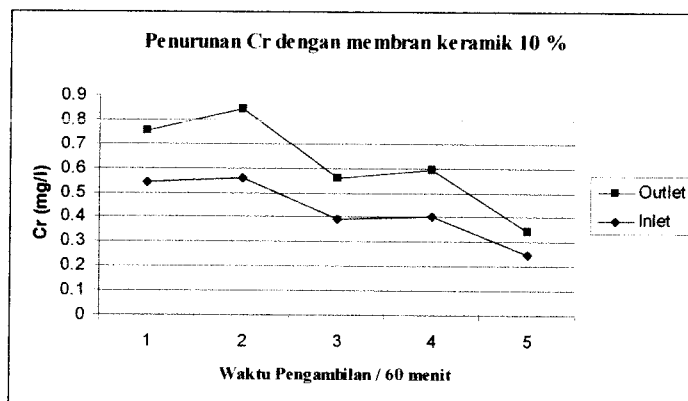
## 2. Membran keramik 10%

Adapun data hasil pengujian kromium (Cr) dan efisiensinya dengan menggunakan membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 10 % dari berat tanah dapat dilihat pada Tabel 4.5, Gambar 4.7, Gambar 4.8 dibawah ini:

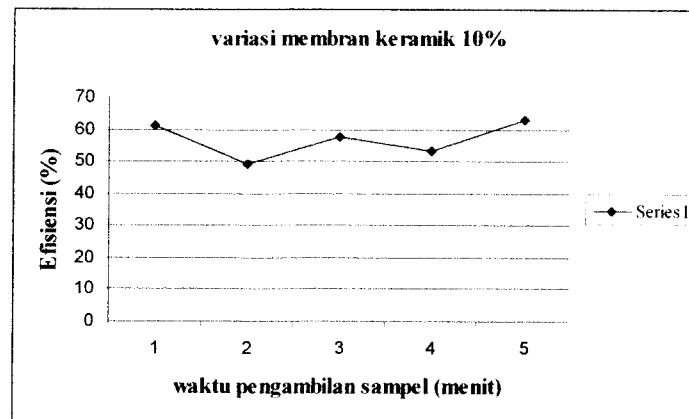
**Tabel 4.5 Penurunan Cr dengan membrane keramik 10 %**

No	Menit Ke-	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	Removal (%)
1	60	0.544	0.211	61.21
2	120	0.559	0.284	49.19
3	180	0.391	0.166	57.54
4	240	0.405	0.189	53.33
5	300	0.247	0.092	62.75

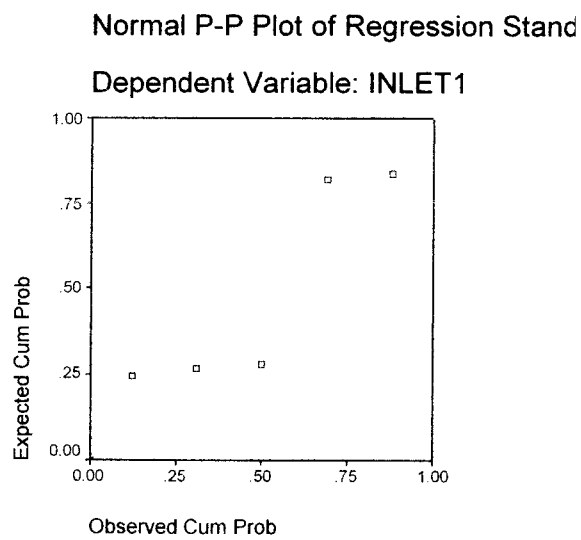
Sumber : Data Primer, 2006



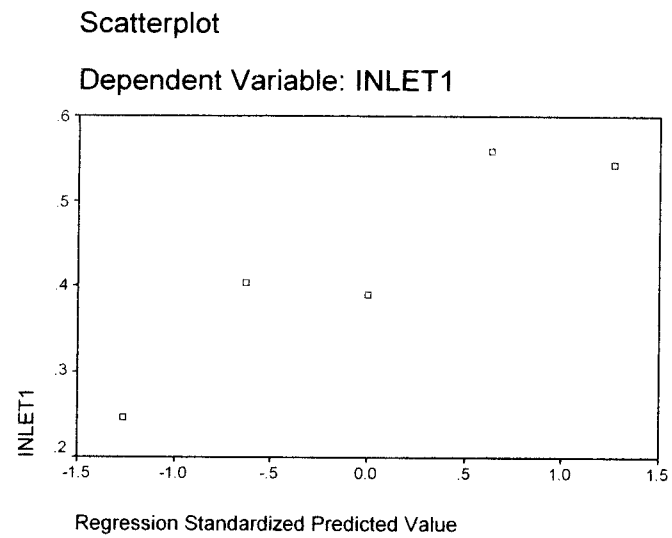
**Gambar 4.7. Penurunan Cr dengan membrane keramik 10 %**



**Gambar 4.8. Efisiensi Membran Keramik Variasi Serbuk Gergaji 10 %  
Dalam Penurunan kromium (Cr)**



**Gambar 4.9. Regresi Linier Inlet pada Membran Keramik 10 %**



**Gambar 4.10. Dependent Variabel Inlet pada Membran Keramik 10 %**

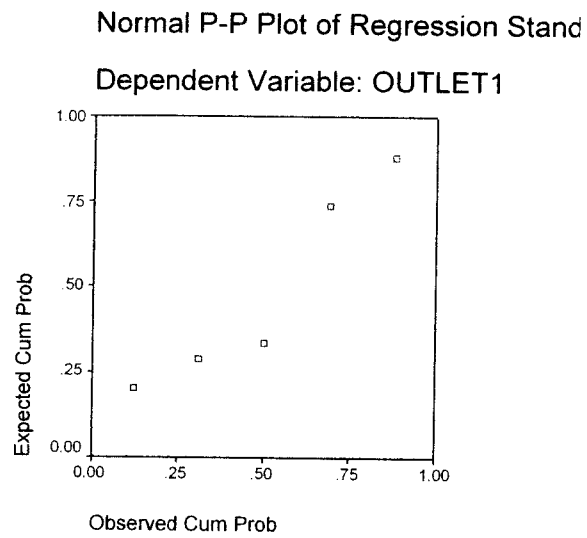
**Tabel 4.6 Data Koefisien Pada Inlet 10 %**

**Coefficients<sup>a</sup>**

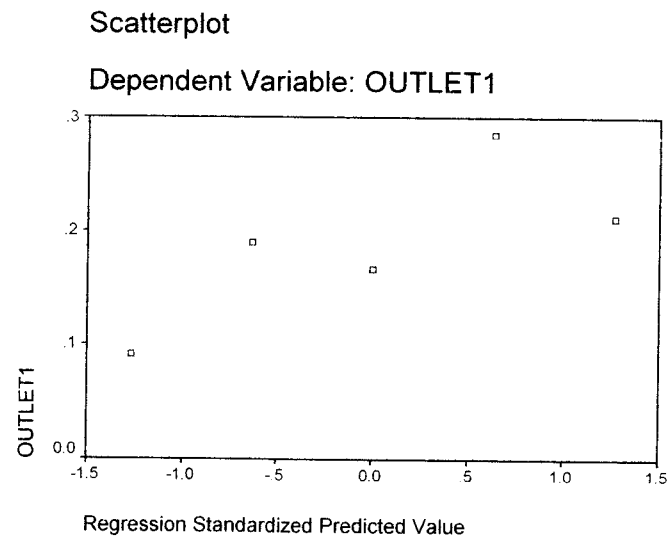
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.654	.058		11.182	.002
	WAKTU	-.001	.000	-.926	-4.244	.024

a. Dependent Variable: INLET1





**Gambar 4.11. Regresi Linier Outlet pada Membran Keramik 10 %**



**Gambar 4.12. Dependend Variabel Outlet pada Membran Keramik 10 %**

Tabel 4.7 Data Koefisien Pada Outlet 10 %

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.288	.055		5.208	.014
	WAKTU	-.001	.000	-.755	-1.995	.140

a. Dependent Variable: OUTLET1

Adapun hasil pengujian konsentrasi kromium (Cr) dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.8, efisiensi dari penggunaan membran keramik 10% dalam menurunkan konsentrasi kromium berturut-turut per 1 jam dalam waktu 5 jam yaitu 61.21 %, 49.19 %, 57.54 %, 53.33 %, dan 62.75 %. Dari hasil yang didapat efisiensi yang terbesar terjadi pada waktu jam ke 5 yaitu sebesar 62.75 %. Pada uji regresi linier pada inlet dan outletnya berdasarkan Gambar 4.9 dan Gambar 4.11 hasilnya menunjukkan adanya kecenderungan untuk naik, dan didapatkan nilai persamaan pada inlet dan outletnya sebagai berikut :

- $Y = 0,654 + 0,001 X$
- $Y = 0,288 - 0,001 X$

Persamaan ini didapatkan dari nilai B pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7, sedangkan nilai X adalah variasi waktu untuk mendapatkan nilai dari titik jenuh pada membran keramik.

## 4.2 Analisis Data

### 4.2.1 Analisis Data Dengan Menggunakan T-Test

Tujuan dari dilakukannya uji t dua variable bebas adalah untuk membandingkan (membedakan) apakah kedua variable tersebut sama atau berbeda. Gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi) hasil penelitian yang berupa perbandingan keadaan variable dari dua rata-rata sample. Atau dengan kata lain, t-test digunakan untuk menguji rata-rata tetapi variannya tidak diketahui.

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r\left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}\right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}\right)^2}}$$

r = nilai korelasi  $X_1$  dengan  $X_2$

n = jumlah sampel

$\bar{x}_1$  = rata-rata sampel ke-1

$\bar{x}_2$  = rata-rata sampel ke-2

$s_1$  = standar deviasi sampel ke-1

$s_2$  = standar deviasi sampel ke-2

$S_1$  = varians sampel ke-1

$S_2$  = varians sampel ke-2

#### 4.2.1.1 T-Test untuk Analisa Cr pada Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	$\bar{x}_1$	= 0.2686
	$\bar{x}_2$	= 0.01064
Standar deviasi	$s_1$	= 0.093855208
	$s_2$	= 0.0557297
Varians	$S_1$	= 0.008808800
	$S_2$	= 0.0031058
Korelasi	$r_1$	= 0.661253184

$$t_{\text{hitung}} = 2.296452488$$

$$\text{Dengan } \alpha = 0.05, dk = n_1 + n_2 - 2 = 5 + 5 - 2 = 8$$

Sehingga diperoleh t tabel = 1,860

Dari data diatas didapat perbandingan t tabel dengan t hitung ternyata  $-t_{\text{tabel}} \leq t_{\text{hitung}} \geq +t_{\text{tabel}} = -1,860 < 2.296452488 > 1,860$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima.

Sehingga dapat disimpulkan :

Analisa kromium (Cr) dengan menggunakan uji t pada membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % menunjukkan hasil bahwa nilai t hitung lebih besar dari nilai t tabel ( $2.296452488 > 1,860$ ), maka dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi kromium (Cr) pada inlet dan outlet limbah laboratorium

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian, analisa dan pembahasan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada reaktor Membran Keramik dengan komposisi serbuk gergaji sebanyak 7,5% mampu menurunkan konsentrasi kromium (Cr) sebesar 74,13% dari 0,344 mg/l menjadi 0,089 mg/l .
2. Reaktor Membran Keramik dengan komposisi serbuk gergaji sebanyak 10% mampu menurunkan konsentrasi kromium (Cr) sebesar 62,75% dari 0,247 mg/l menjadi 0,092 mg/l.
- 3 Membran keramik yang paling bagus dalam menurunkan konsentrasi kromium (Cr) adalah membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 7.5 %.
- 4 Membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji sebanyak 7,5%, mampu menurunkan konsentrasi kromium (Cr) dengan optimum pada waktu 240 menit. Sedangkan membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji sebanyak 10%, mampu menurunkan konsentrasi kromium (Cr) dengan optimum pada waktu 300 menit.
- 5 Untuk waktu yang paling efektif untuk menurunkan konsentrasi kromium pada komposisi 7,5 % dan 10 % dengan uji Tukay adalah pada waktu 240 menit dan

tidak didapatkan titik jenuh pada komposisi 7,5 % dan 10 % dengan uji Regresi Linier.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian dengan menggunakan membran keramik ini adalah:

1. Bagi pengelola laboratorium diharapkan adanya penanganan / pengolahan lebih lanjut terhadap penempatan dan pembuangan limbah-limbah karena mengandung bahan yang berbahaya bagi lingkungan maupun manusia.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan adanya penambahan variasi komposisi serbuk gergaji agar dapat membandingkan kualitas *effluent* yang dihasilkan. Selain itu, perlu dilakukannya penambahan variasi waktu untuk dapat mengetahui waktu jenuh dari membran keramik yang digunakan.
3. Pada proses sterilisasi reaktor sebaiknya disterilkan dengan aquades (di reaktor dan bak penampung) sehingga kontaminan yang dapat mengganggu dapat di minimalisir.

## DAFTAR PUSTAKA

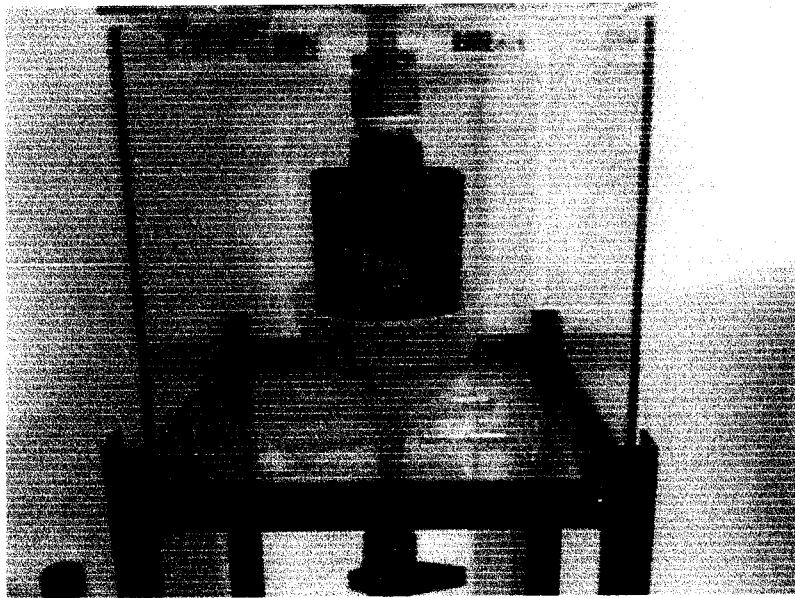
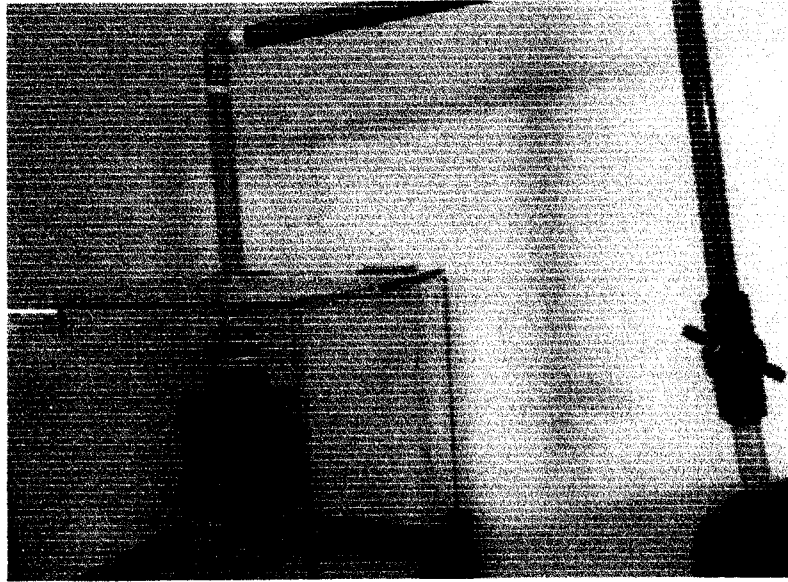
- Akbar, Ali M, Skripsi UII, *Penurunan Kadar Biological Oxygen Demand (BOD) Dan Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Cair Peternakan Sapi Dengan Menggunakan Teknologi Membran Keramik*, UII Yogyakarta
- Alaerts G., dan S.S Santika., 1984, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia
- Al Layla. M, Ahmad, S. Middlebrooks, E, 1978, *Water Supply Engineering Design*, AM Arbor Science, Michigan.
- Alimuddin. *Optimasi Pengolahan Secara Konvensional Karang Mumus dan Pemanfaatan Serbuk Gergaji Dalam Pengolahannya*. Diambil dari website [www.google.com](http://www.google.com).
- Anonim, 1982, *Pengolahan Air Minum*, Dirjen Cipta Karya Dep.PU, Bandung.
- Aristianto, 2005. Pengembangan Keramik Berpori Dengan Proses Ekstrusi Pada Skala Laboratorium. *Jurnal Kimia Indonesia*, Vol. 4 No 2, Agustus 2005. Diambil dari website [www.google.com](http://www.google.com).
- Dan Pemanfaatan Serbuk Gergaji Dalam Pengolahannya*. Diambil dari website [www.google.com](http://www.google.com). Update 2002. Download 4 April 2006.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Yogyakarta
- Hammer, M.J, 1977, *Water and Wastewater Technology Edisi ke-3*, John Wiley & Sons.
- Met Calf and Eddy., 1991, *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*, Mc Graw Hill, International Edition, Third Edition.
- Mutia, T, *Pengaruh Cemaran Kimia Dalam Air Limbah Terhadap Lingkungan Dan Cara Pengolahan Serta Pembuangannya*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Tekstil, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Bandung
- Purwakusuma. W, 2002, *Filter Kimia*, dalam [www.O-Fish.Com](http://www.O-Fish.Com)
- Rhidany, F, Skripsi UII, *solidifikasi Limbah Kromium Industri Penyamakan Kulit Dengan Teknik Keramik*, UII Yogyakarta

- Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Sutrisno, dan Suciati, 1987, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Penerbit Rineka Cipta Karya, Jakarta.
- Soetopo M.P, H, 1994, *Buku Pelajaran Ilmu Kimia Untuk SMU Kelas 1 Jilid 1B*, Erlangga, Jakarta.
- Wardana, 1995. *Analisis Mengenai Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit: Andi Offset, Yogyakarta
- Yuliantra, S., Skripsi STTL, *Pengaruh Aditif (Na – Silikat) dan Suhu Bakar Terhadap Pembentukan Keramik Sebagai Imobilisasi Limbah*. STTL, Yogyakarta.

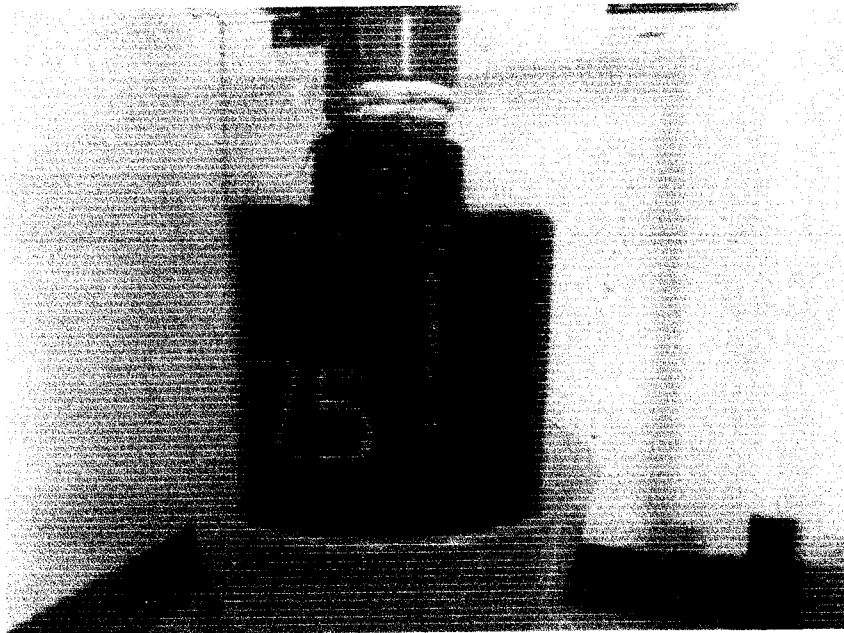
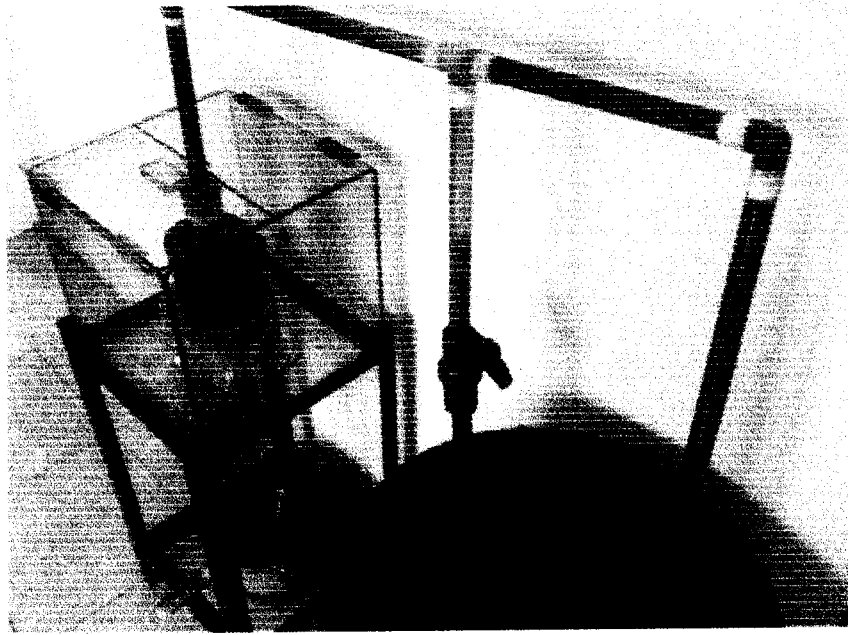


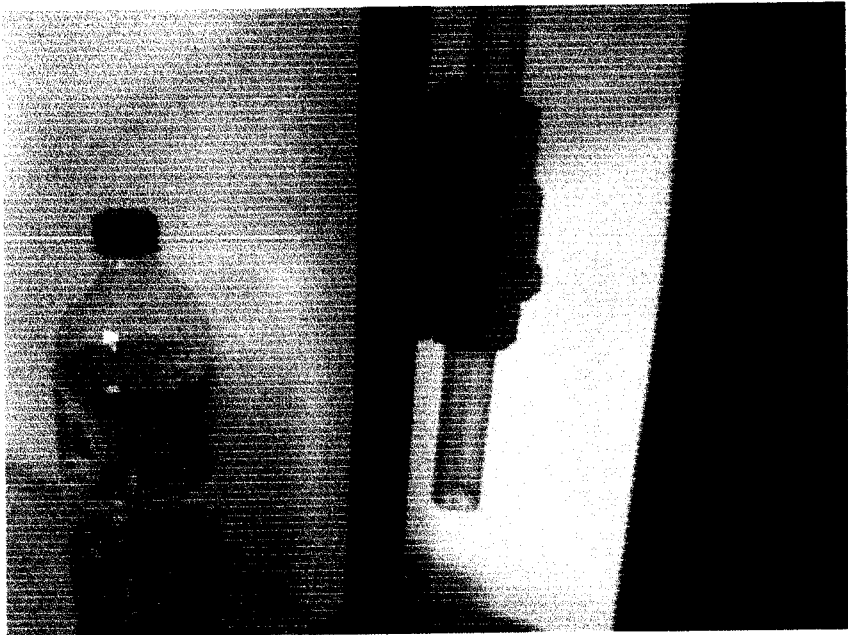
# *LAMPIRAN*

# *LAMPIRAN 1*









## *LAMPIRAN 2*

### T-test untuk Analisa Cr Pada Komposisi Media 7,5 %

#### Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Cr pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Cr pada inlet dan outlet.

#### Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

Ha :  $\mu 1 \neq \mu 2$

Ho :  $\mu 1 = \mu 2$

#### Langkah 3 : Mencari rata-rata (Xr): standar deviasi (s): varians (S) dan korelasi.

Menit ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1^2	X2^2
60	0.158	0.071	0.011218	0.024964	0.005041
120	0.194	0.097	0.018818	0.037636	0.009409
180	0.377	0.204	0.076908	0.142129	0.041616
240	0.344	0.089	0.030616	0.118336	0.007921
300	0.270	0.071	0.01917	0.0729	0.005041
$\Sigma$	1.3430	0.5320	0.15673	0.395965	0.069028
Xr	0.2686	0.1064			
Standar Deviasi (s)	0.093855208	0.0557297			
Varians (S)	0.008808800	0.0031058			
Korelasi (r)	0.824704136				



**Langkah 4 : Mencari t hitung**

1,917115127

**Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian**

1. Taraf signifikansinya ( $\alpha = 0,05$ )
2.  $dk = n1 + n2 - 2 = 5 + 5 - 2 = 8$   
sehingga diperoleh t tabel = 1,860
3. Kriteria pengujian dua pihak  
jika : -t tabel  $\leq$  t hitung  $\geq$  + t tabel, maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak

**Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung**

Ternyata -t tabel  $\leq$  t hitung  $\geq$  + t tabel  
atau  $-1,860 < 1,91712 > 1,860$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima.

**Langkah 7 : Kesimpulan**

$H_a$  : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi Cr pada inlet dan outlet DITERIMA  
 $H_0$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Cr pada inlet dan outlet DITOLAK

**T-test untuk Analisa Cr Pada Komposisi Media 10 %**

**Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat**

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Cr pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Cr pada inlet dan outlet.

**Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik**

Ha :  $\mu 1 \neq \mu 2$

Ho :  $\mu 1 = \mu 2$

**Langkah 3 : Mencari rata-rata (Xr): standar deviasi (s): varians (S) dan korelasi.**

Menit ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1 <sup>2</sup>	X2 <sup>2</sup>
60	0.544	0.211	0.114784	0.295936	0.044521
120	0.559	0.284	0.158756	0.312481	0.080656
180	0.391	0.166	0.064906	0.152881	0.027556
240	0.405	0.189	0.076545	0.164025	0.035721
300	0.247	0.092	0.022724	0.061009	0.008464
$\Sigma$	2.146	0.942	0.437715	0.986332	0.196918
Xr	0.4292	0.1884			
Standar Deviasi (s)	0.1277	0.0697			
Varians (S)	0.0163	0.0049			
Korelasi (r)	0.9732				

#### **Langkah 4 : Mencari t hitung**

2.255863925

#### **Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian**

1. Taraf signifikansinya ( $\alpha = 0.05$ )

2.  $dk = n_1 + n_2 - 2 = 5 + 5 - 2 = 8$

sehingga diperoleh t tabel = 1,860

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika : - t tabel  $\leq$  t hitung  $\geq$  + t tabel, maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak

#### **Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung**

Ternyata -t tabel  $\leq$  t hitung  $\geq$  + t tabel

atau -1,860 < 2.2559 > 1,860, maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima.

#### **Langkah 7 : Kesimpulan**

$H_a$  : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi Cr pada inlet dan outlet DITERIMA

$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Cr pada inlet dan outlet DITOLAK

## *LAMPIRAN 3*



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH  
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN (BPKL)

Jalan Ring Road Utara Maguwoharjo Depok Sleman Yogyakarta Telp./Fax. (0274) 489622

HASIL ANALISA AIR

Jenis Air : Limbah cair Tanggal terima : Oktober 2006

Asal Contoh : Enny Herawati  
Mhs. UII Yogyakarta.

NO.	Sample	Absorban	Konsentrasi Cr (mg/L)
1.	A	0,0148	0,719
2.	B	0,0056	0,211
3.	C	0,0108	0,544
4.	D	0,0061	0,284
5.	E	0,0115	0,559
6.	F	0,0044	0,166
7.	G	0,0084	0,391
8.	H	0,0050	0,189
9.	I	0,0087	0,405
10.	J	0,0035	0,092
11.	K	0,0053	0,247
12.	I	0,0067	0,312
13.	II	0,0027	0,071
14.	III	0,0042	0,158
15.	IV	0,0037	0,097
16.	V	0,0054	0,194
17.	VI	0,0054	0,204
18.	VII	0,0081	0,377
19.	VIII	0,0034	0,089
20.	IX	0,0074	0,344
21.	X	0,0027	0,071
22.	XI	0,0058	0,270

Yogyakarta, Oktober 2006

Mengetahui,  
Kepala BPKL Diskimpraswil.

Seksi Pengujian Mutu Air,  
Penyelia.

Ir. H. HERI SISWANTO  
NIP. 110040934

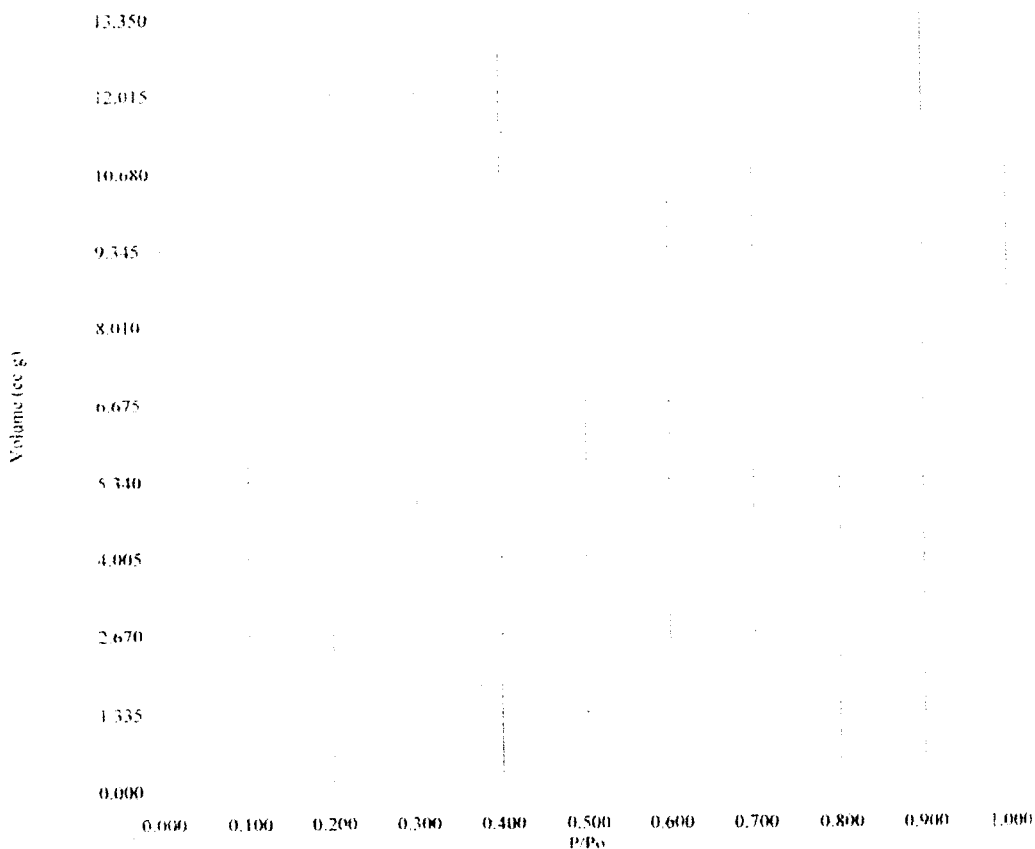
WAHYU HIDAYAT, BSc  
NIP. 110021897

## *LAMPIRAN 4*

Quantachrome Corporation  
 NOV \ Data Analysis Package Ver. 2.00  
 File Name = 617d.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA D	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.3600 g	Sample Volume	= 0.3600 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 751.19 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	= Fri Oct 13 11:00:37 2006	Analysis End Time	= Fri Oct 13 12:05:10 2006

ISOTHERM (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617d.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA D	Sample Cell Number	2
Sample Weight	= 0.3600 g	Sample Volume	= 0.3600 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	751.19 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	= Fri Oct 13 11:00:37 2006	Analysis End Time	Fri Oct 13 12:05:10 2006

ISOTHERM (Adsorption)

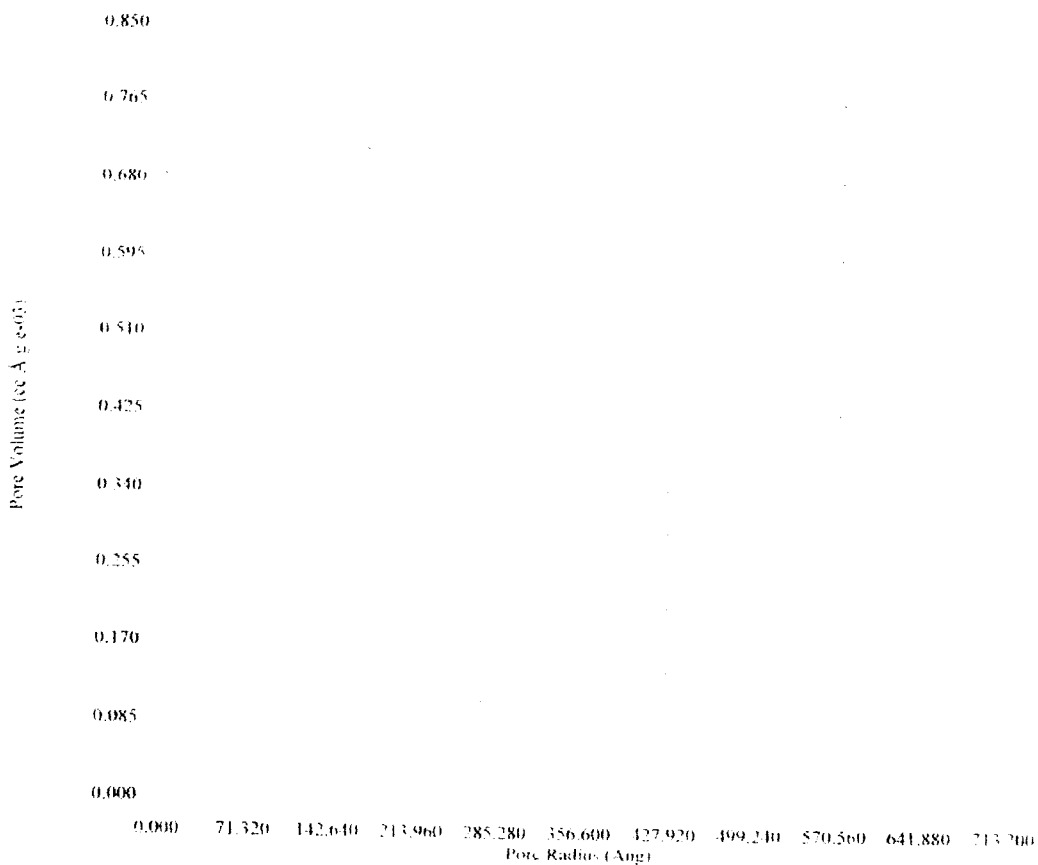
P/Po	Volume (cc/g)
0.041766	4.974948
0.074668	5.620388
0.143106	6.350013
0.197676	6.827284
0.248808	7.240028
0.288786	7.555113
0.326344	7.840831
0.362874	8.113523
0.400053	8.406539
0.436479	8.692936
0.474271	8.984740
0.509678	9.338205
0.550563	9.693458
0.586238	9.982549
0.611683	10.198342
0.657665	10.600073
0.697090	10.958914
0.734726	11.281526
0.759134	11.497586
0.805022	11.883674
0.843867	11.907478
0.880821	12.226884
0.917852	12.582053
0.954694	12.937724
0.991889	13.314697



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617d.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/PKA D	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.3600 g	Sample Volume	= 0.3600 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 751.19 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	= Fri Oct 13 11:00:37 2006	Analysis End Time	= Fri Oct 13 12:05:10 2006

DVR (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617d.dat

User ID	User Setup
Sample ID	Sample Cell Number
Sample Weight	Sample Volume
Sample Density	
Po Type	Po
Adsorbate	Bath Temperature
Adsorption Tolerance	Desorption Tolerance
Adsorption Equil Time	Desorption Equil Time
Adsorption Dwell Time	Desorption Dwell Time
Analysis Start Time	Analysis End Time

Pore Radius (Ang)	DVR (Adsorption)	
	Pore Area (sq m/A/g e-03)	Pore Volume (cc/A/g e-03)
713.192496	0.017470	0.000625
174.076608	0.755929	0.006562
106.275787	3.379536	0.017958
77.283625	8.225959	0.031787
60.677299	0.284824	0.000864
49.055049	34.845914	0.085468
41.968236	59.017984	0.125733
37.471780	82.751779	0.155043
32.937703	132.328035	0.217929
29.000748	187.528657	0.271924
26.232179	246.318763	0.323074
24.277420	295.357373	0.358526
22.141219	421.953377	0.467134
20.282840	640.934475	0.649999
18.726882	584.252626	0.547062
17.316211	741.274376	0.641803
16.057300	905.562094	0.727044
14.907234	1009.089384	0.752137
13.843345	1227.210329	0.849435

Total Pore Volume is 20.566452 e-03 cc/g for all pores less than 1173.352108 Angstrom.

Average pore radius is 16.945902 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617d.dat

User ID		User Setup	-- 5
Sample ID	617/PKA-D	Sample Cell Number	-- 2
Sample Weight	0.3600 g	Sample Volume	0.3600 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	751.19 mm Hg
Adsorbate	N2	Bath Temperature	77.40 deg K
Adsorption Tolerance	0.0000 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	Fri Oct 13 11:00:37 2006	Analysis End Time	Fri Oct 13 12:05:10 2006

BJH (Adsorption)		
Pore Radius (Ang)	Cumulative Pore Area (sq m g <sup>-03</sup> )	Cumulative Pore Volume (cc g <sup>-03</sup> )
713.192496	10955.420724	14.264299
174.076608	10937.991859	13.653491
106.275787	10864.301496	13.012102
77.283625	10736.353814	12.332210
60.672299	10570.809581	11.692521
49.055049	10367.081764	11.081211
41.968236	10213.174822	10.813165
37.471780	9972.467135	10.308061
32.937703	9560.725287	9.536626
29.600748	9019.169020	8.644745
26.232179	8310.051847	7.616499
24.277420	7877.535503	7.049259
22.141219	7241.446664	6.277081
20.282810	6347.468138	5.287392
18.726882	5323.179799	4.248618
17.316211	4438.739633	3.420478
16.057300	3469.490013	2.581291
14.907234	2373.509424	1.701367
13.843345	1273.747222	0.881646

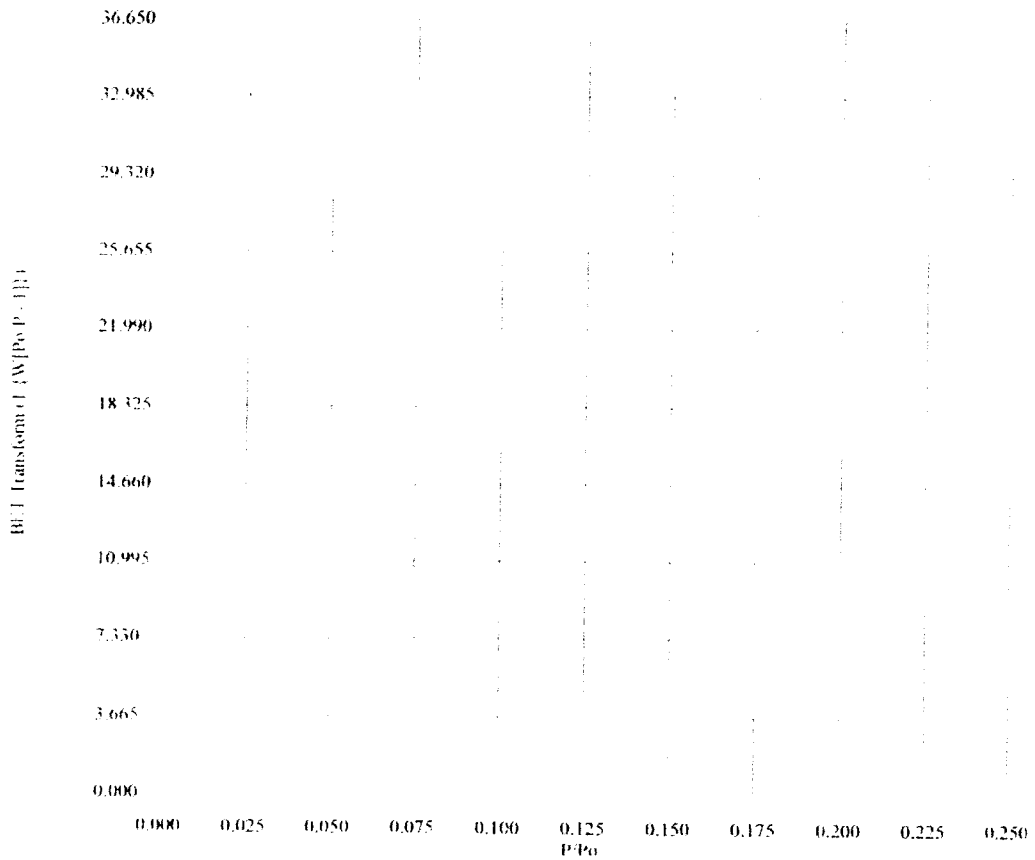
Total Pore Volume is 20.566452 e-03 cc/g for all pores less than 1173.352108 Angstrom.

Average pore radius is 16.945902 Angstrom

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617d.dat

User ID	=		User Setup	=	5
Sample ID	=	617/P/KA D	Sample Cell Number	=	2
Sample Weight	=	0.3600 g	Sample Volume	=	0.3600 cc
Sample Density	=	1.0000 g/cc			
Po Type	=	User	Po	=	751.19 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	=	Fri Oct 13 11:00:37 2006	Analysis End Time	=	Fri Oct 13 12:05:10 2006

Multi BET (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617d.dat

User ID		User Setup	5
Sample ID	617P/KA-D	Sample Cell Number	2
Sample Weight	0.3600 g	Sample Volume	0.3600 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	751.19 mm Hg
Adsorbate	N2	Bath Temperature	77.30 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	Fri Oct 13 11:00:37 2006	Analysis End Time	Fri Oct 13 12:05:10 2006

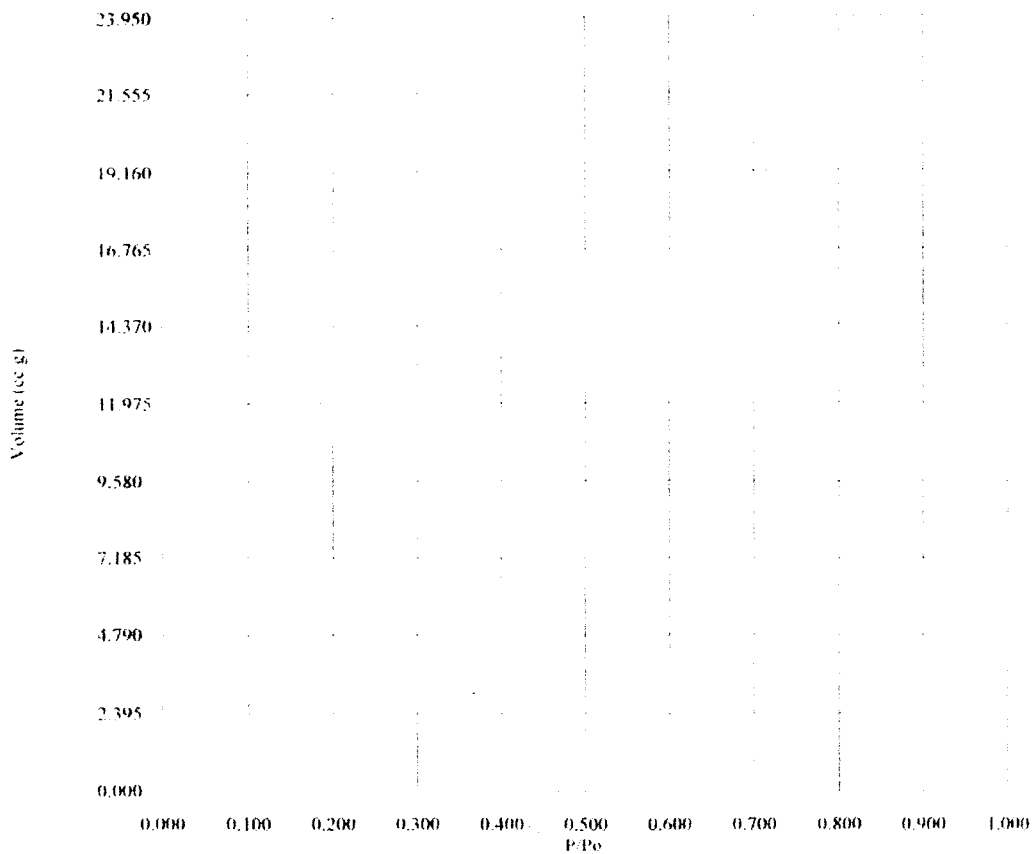
Multi BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform $(1/W)(P_0/P - 1)^{-1}$
0.041766	7.009993
0.074668	11.187385
0.143106	21.043020
0.197676	28.834230
0.248808	36.603883
Slope	142.605287
Intercept	0.867162
Correlation Coefficient	0.999831
BET C	165.450628
Surface Area	8.738305 sq m
Specific Surface Area	24.275068 sq m/g

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA C	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.4130 g	Sample Volume	= 0.4130 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 750.42 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	= Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	= Thu Oct 12 13:35:38 2006

ISOTHERM (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/K A C	Sample Cell Number	4
Sample Weight	= 0.4130 g	Sample Volume	= 0.4130 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	750.42 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	= Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	Thu Oct 12 13:35:38 2006

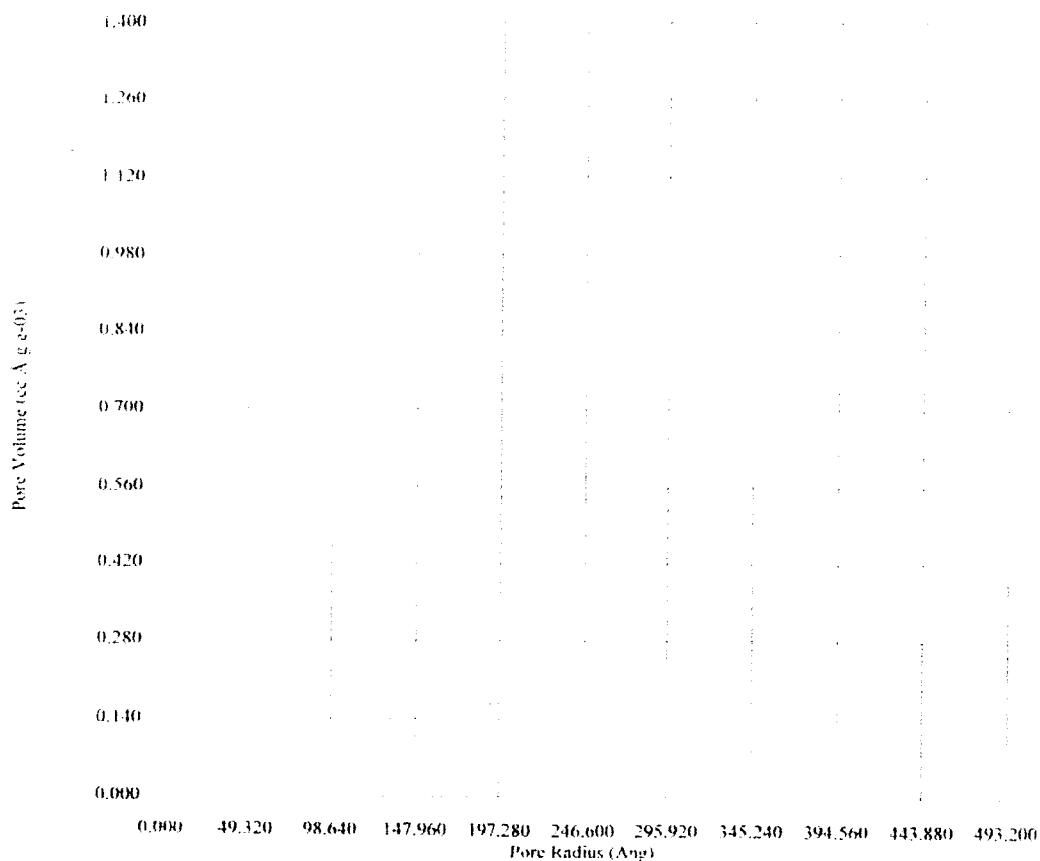
ISOTHERM (Adsorption)

P/Po	Volume (cc/g)
0.043426	9.323565
0.073551	10.113145
0.151193	11.538635
0.197785	12.213463
0.247689	12.868435
0.287509	13.367644
0.324847	13.822793
0.361555	14.260913
0.398285	14.714956
0.435536	15.153073
0.471568	15.466250
0.508819	15.891110
0.544695	16.327214
0.584177	16.824086
0.621454	17.327466
0.655938	18.220390
0.696337	18.823888
0.734375	19.385456
0.770173	19.930752
0.805245	20.480991
0.841198	21.048809
0.877732	21.673751
0.911022	22.550115
0.949977	23.259101
0.987470	23.939114

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID	=	User Setup	=	5
Sample ID	=	Sample Cell Number	=	4
Sample Weight	=	Sample Volume	=	0.4130 cc
Sample Density	=			
	=			
Po Type	=	Po	=	750.42 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	=	Thu Oct 12 13:35:38 2006

DVR (Adsorption)

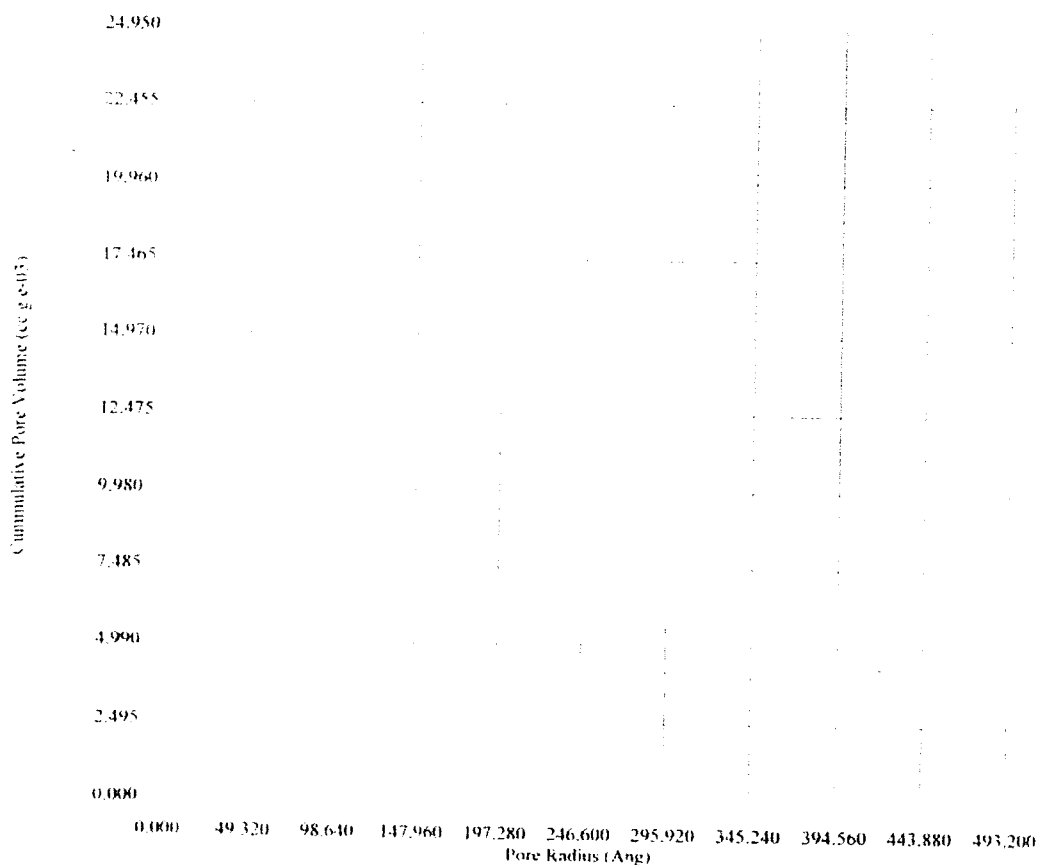




Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID	=		User Setup	=	5
Sample ID	=	617/P/KA C	Sample Cell Number	=	4
Sample Weight	=	0.4130 g	Sample Volume	=	0.4130 cc
Sample Density	=	1.0000 g/cc			
Po Type	=	User	Po	=	750.42 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		Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	=	Thu Oct 12 13:35:38 2006

BJH (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617P/KA C	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.4130 g	Sample Volume	= 0.4130 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 750.42 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	= Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	= Thu Oct 12 13:35:38 2006

BJH (Adsorption)		
Pore Radius (Ang)	Cumulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cumulative Pore Volume (cc/g e-03)
493.163916	17391.094342	24.919331
159.493595	17345.537001	23.795974
100.550381	17183.526544	22.506423
75.665592	16845.759637	20.798238
60.158190	16514.703957	19.553328
50.128047	16122.852849	18.374670
42.984611	15647.675011	17.183683
37.401719	15078.565625	15.960536
32.814394	14381.583655	14.657063
29.287177	13493.250157	13.199606
26.531383	11876.120614	10.831548
24.048191	10937.498536	9.586401
21.958176	9894.213115	8.331945
20.205074	8864.259373	7.201150
18.651898	7758.633236	6.084187
17.268319	6940.149988	5.320873
16.006427	5492.140811	4.070639
14.865019	3803.170809	2.718920
13.804895	2033.534057	1.403636

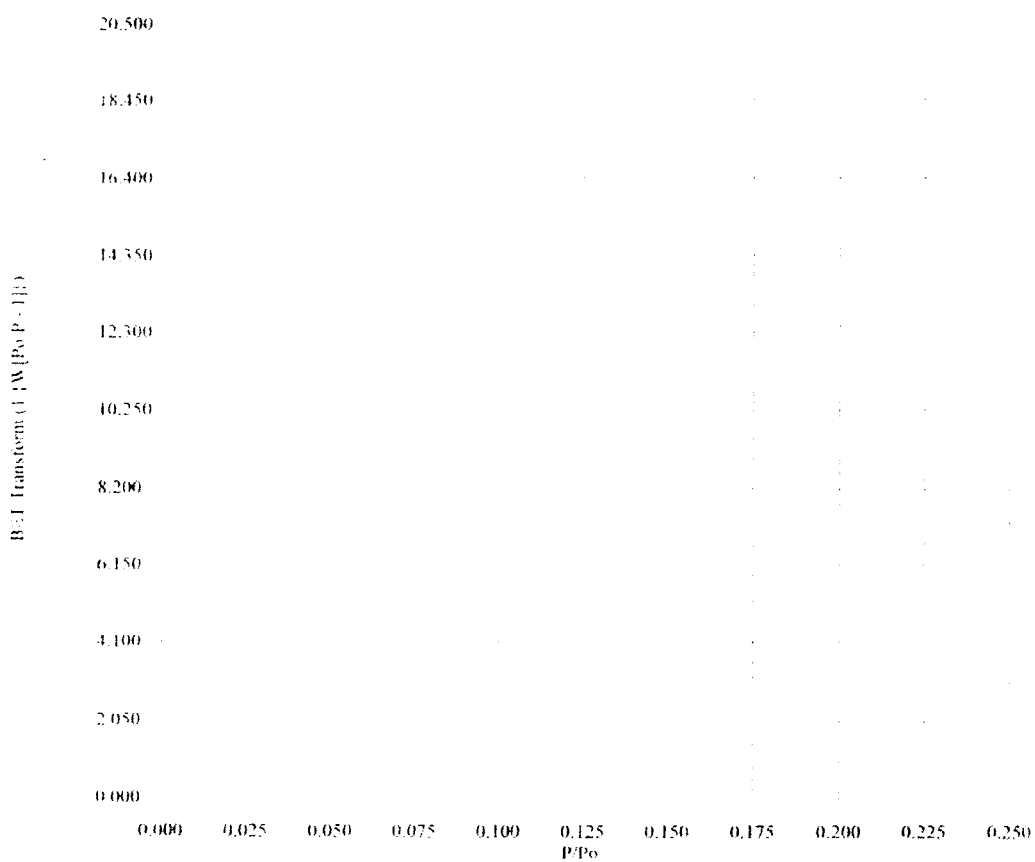
Total Pore Volume is 36.977381 e-03 cc/g for all pores less than 757.827573 Angstrom

Average pore radius is 17.201323 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID	=		User Setup	=	5
Sample ID	=	617/P/KA C	Sample Cell Number	=	4
Sample Weight	=	0.4130 g	Sample Volume	=	0.4130 cc
Sample Density	=	1.0000 g/cc			
Po Type	=	User	Po	=	750.42 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	=	Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	=	Thu Oct 12 13:35:38 2006

Multi BET (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID		User Setup	5
Sample ID	617 P.KA C	Sample Cell Number	4
Sample Weight	0.4130 g	Sample Volume	0.4130 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	750.42 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	Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	Thu Oct 12 13:35:38 2006

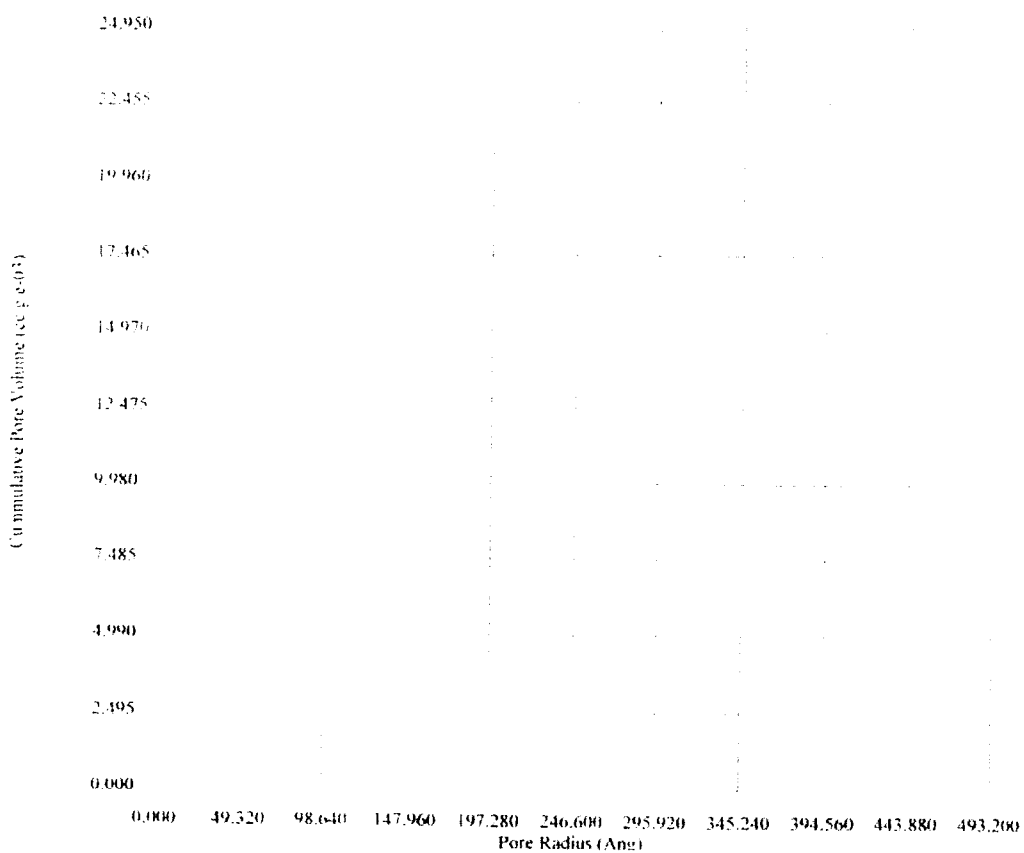
Multi-BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform (1/W[(Po/P - 1)])
0.043426	3.895898
0.073551	6.281063
0.151193	12.351521
0.197785	16.151621
0.247689	20.470919
Slope	80.686848
Intercept	0.313875
Correlation Coefficient	0.999793
BET C	258.066618
Surface Area	17.756376 sq m
Specific Surface Area	42.993647 sq m/g

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA C	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.4130 g	Sample Volume	= 0.4130 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 750.42 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	= Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	= Thu Oct 12 13:35:38 2006

BJH (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID		User Setup	5
Sample ID	= 617/P/K/A C	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.4130 g	Sample Volume	0.4130 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	750.42 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	Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	Thu Oct 12 13:35:38 2006

Pore Radius (Ang)	BJH (Adsorption)	
	Cumulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cumulative Pore Volume (cc/g e-03)
495.163916	17391.094142	24.919331
159.193595	17345.537001	23.795974
100.550384	17183.526544	22.506423
75.665592	16843.759657	20.798238
60.158490	16514.703957	19.553328
50.128047	16122.852849	18.374670
42.984611	15647.675011	17.183683
37.401719	15078.565625	15.960536
32.814394	14381.553655	14.657063
29.287177	13493.250157	13.199606
26.531383	11876.120614	10.831548
24.048191	10937.498536	9.586401
21.958176	9894.213115	8.331945
20.205074	8864.259373	7.201150
18.651898	7758.653236	6.084187
17.268319	6940.149988	5.320873
16.006427	5492.140811	4.070639
14.865019	3803.170809	2.718920
13.804895	2033.534057	1.403636

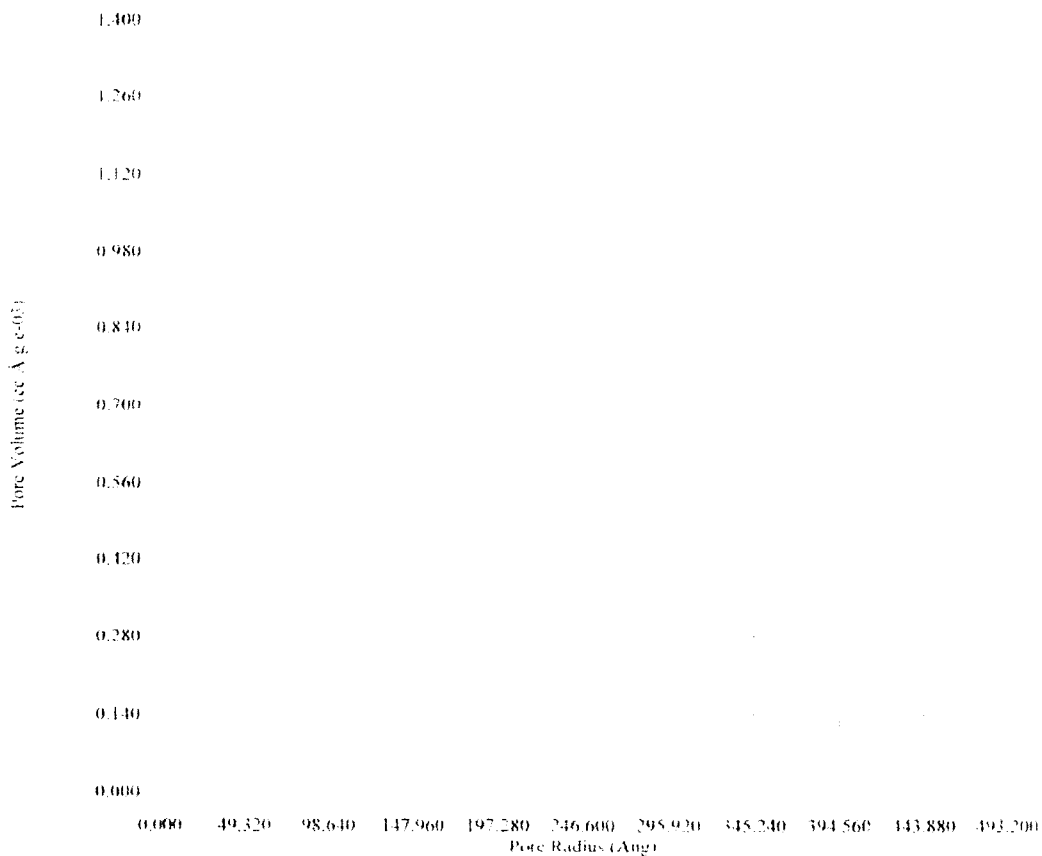
Total Pore Volume is 36.977381 e-03 cc/g for all pores less than 757.827573 Angstrom

Average pore radius is 17.201323 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA C	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.4130 g	Sample Volume	= 0.4130 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 750.42 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	= Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	= Thu Oct 12 13:35:38 2006

DVR (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617.c.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	617/P/K/A C	Sample Cell Number	4
Sample Weight	0.4130 g	Sample Volume	0.4130 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	750.42 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	Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	Thu Oct 12 13:35:38 2006

DVR (Adsorption)		
Pore Radius (Ang)	Pore Area (sq m /g e-03)	Pore Volume (cc/g e-03)
493.163916	0.078366	0.001932
159.193595	1.870751	0.014891
100.550384	11.072882	0.055669
75.665592	17.241598	0.065230
60.158490	32.848014	0.098804
50.128047	58.435474	0.146463
42.984611	92.459857	0.198718
37.401719	139.108098	0.260144
32.814394	212.325663	0.350008
29.287177	339.490174	0.819294
26.531383	358.085258	0.475025
24.048191	444.867700	0.534913
21.958176	561.322067	0.616280
20.205074	661.524034	0.668307
18.651898	570.363275	0.531918
17.268319	1086.983414	0.938519
16.006427	1417.337618	1.134326
14.865019	1621.786003	1.205394
13.804895	1976.064755	1.363968

Total Pore Volume is 36.977381 e-03 cc/g for all pores less than 757.827573 Angstrom.

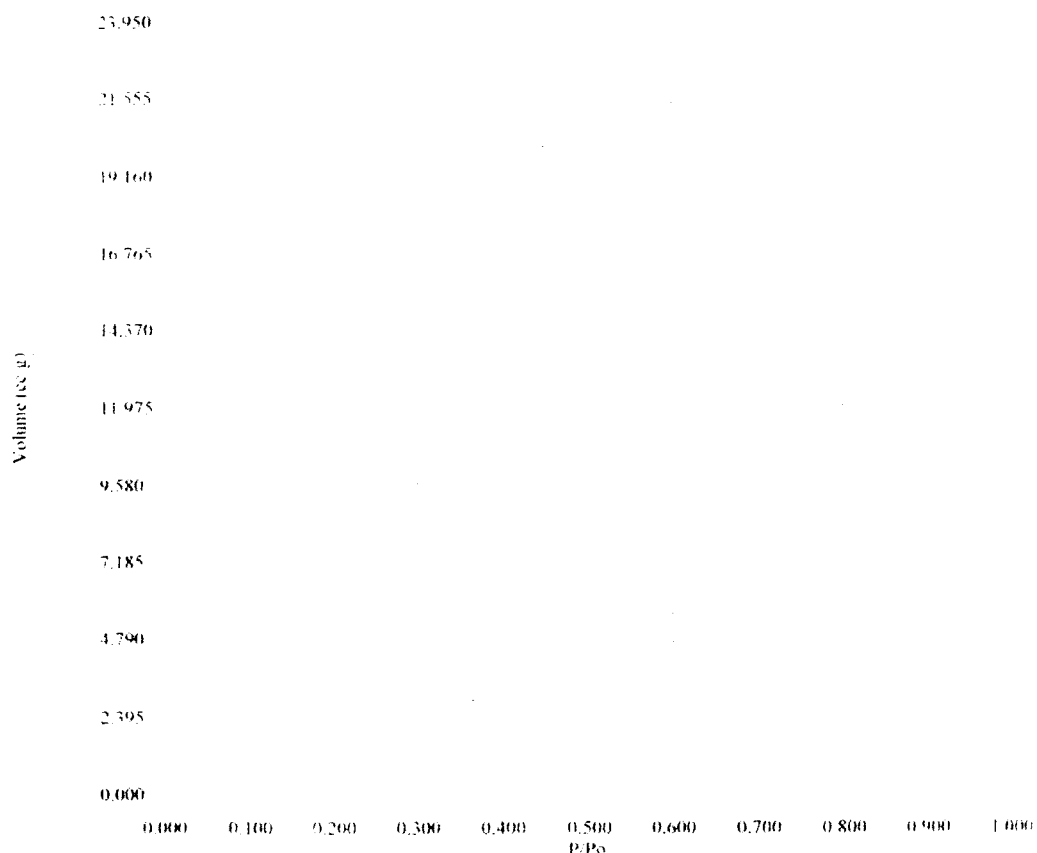
Average pore radius is 17.201523 Angstrom.



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA C	Sample Cell Number	4
Sample Weight	= 0.4130 g	Sample Volume	0.4130 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	750.42 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	= Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	Fri Oct 12 13:35:38 2006

ISOTHERM (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617c.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA C	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.4130 g	Sample Volume	= 0.4130 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	750.42 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	Thu Oct 12 12:09:44 2006	Analysis End Time	Thu Oct 12 13:35:38 2006

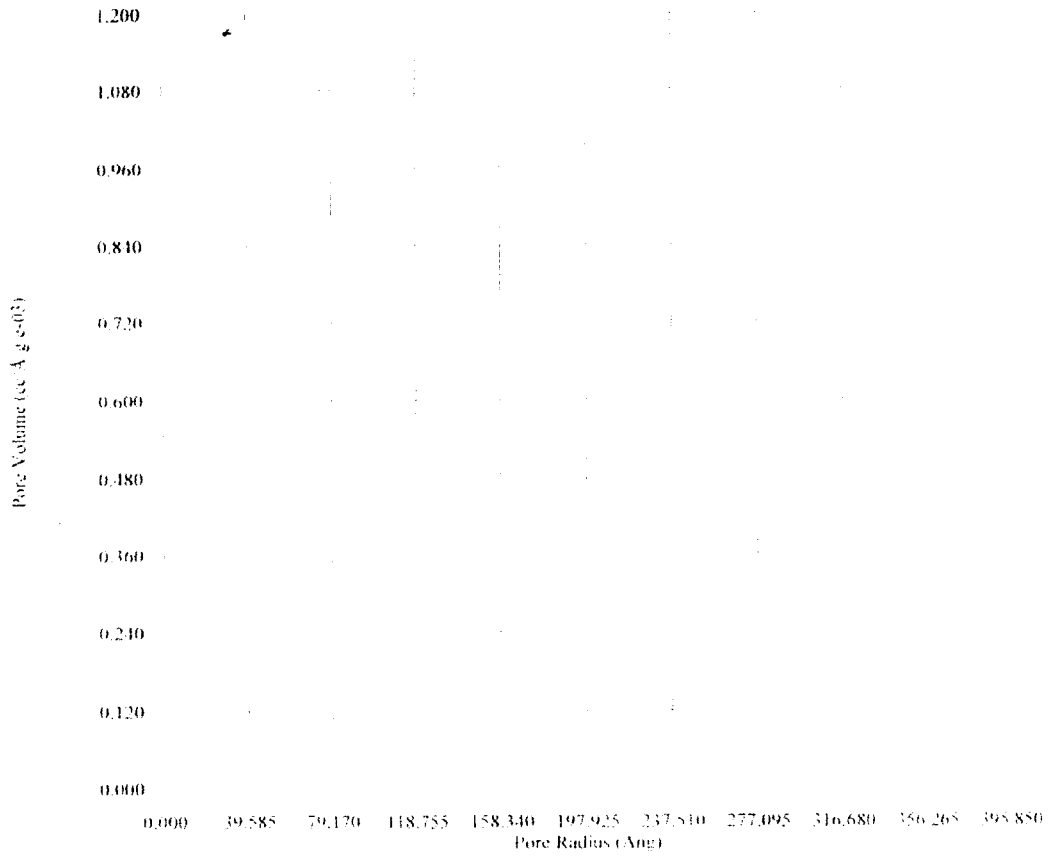
ISOTHERM (Adsorption)

P/Po	Volume (cc/g)
0.043426	9.323565
0.073551	10.113145
0.151193	11.538635
0.197785	12.213463
0.247689	12.868435
0.287509	13.367644
0.324847	13.822793
0.361535	14.260913
0.398285	14.714956
0.435536	15.153073
0.471568	15.466250
0.508819	15.891110
0.544695	16.327214
0.584177	16.824086
0.621454	17.327466
0.655958	18.220590
0.696337	18.823888
0.734375	19.385456
0.770173	19.930752
0.805245	20.480991
0.841198	21.048809
0.877732	21.673751
0.911022	22.550115
0.949977	23.259101
0.987470	23.939114

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617b.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.5770 g	Sample Volume	= 0.5770 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 752.03 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	= Thu Oct 12 10:26:28 2006	Analysis End Time	= Thu Oct 12 11:47:33 2006

DVR (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617b.dat

User ID		User Setup	5
Sample ID	617P/KA B	Sample Cell Number	2
Sample Weight	0.5770 g	Sample Volume	0.5770 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	752.03 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	Thu Oct 12 10:26:28 2006	Analysis End Time	Thu Oct 12 11:47:33 2006

Pore Radius (Ang)	DVR (Adsorption)	
	Pore Area (sq m-A/g e-03)	Pore Volume (cc/A/g e-03)
395.837809	0.135151	0.002675
155.466167	1.847644	0.014362
100.353018	6.466592	0.032447
74.471667	15.728750	0.058567
59.482513	17.624899	0.052419
49.315369	54.677043	0.134821
42.246312	87.479431	0.184784
36.932950	131.907849	0.243587
32.801738	179.009159	0.293591
29.292285	254.395790	0.372592
26.327255	342.845879	0.451310
23.934267	454.850796	0.544326
21.911202	567.044572	0.621231
20.172817	683.471779	0.689378
18.593755	853.302973	0.793305
17.205446	1036.984263	0.892089
15.960884	1236.099614	0.986462
14.814692	1522.287892	1.127611
13.744589	1743.263198	1.198022

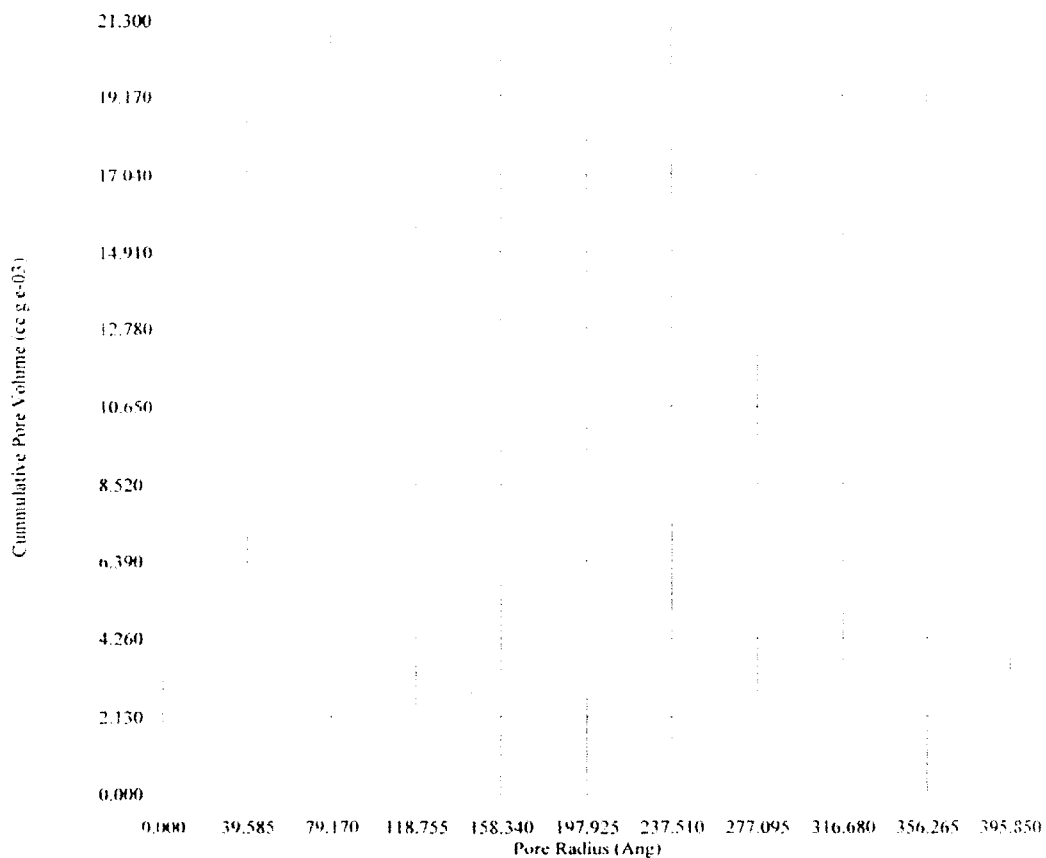
Total Pore Volume is 30.046423 e-03 cc/g for all pores less than 574.368980 Angstrom.

Average pore radius is 17.520775 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617b.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.5770 g	Sample Volume	= 0.5770 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 752.05 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	= Thu Oct 12 10:26:28 2006	Analysis End Time	= Thu Oct 12 11:47:33 2006

BJH (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617b.dat

User ID		User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA B	Sample Cell Number	2
Sample Weight	= 0.5770 g	Sample Volume	= 0.5770 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	752.03 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	Thu Oct 12 10:26:28 2006	Analysis End Time	Thu Oct 12 11:47:33 2006

Pore Radius (Ang)	BJH (Adsorption)	
	Cummulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cummulative Pore Volume (cc/g e-03)
395.837809	15626.911744	21.257351
155.466167	15572.245396	20.175401
100.353018	15431.344612	19.080135
74.471667	15211.696495	17.978018
59.482513	14931.785993	16.935748
49.315369	14717.075901	16.297173
42.246312	14271.343974	15.198101
36.932950	13747.689616	14.091978
32.801738	13135.545357	12.961563
29.292285	12487.222854	11.898258
26.327255	11622.995228	10.632498
23.934267	10754.606819	9.489384
21.911202	9729.785591	8.262967
20.172817	8713.054206	7.149076
18.593755	7562.268574	5.988347
17.205446	6304.168842	4.818707
15.960884	4953.776825	3.657002
14.814692	3486.657789	2.486176
13.744589	1803.783865	1.239613

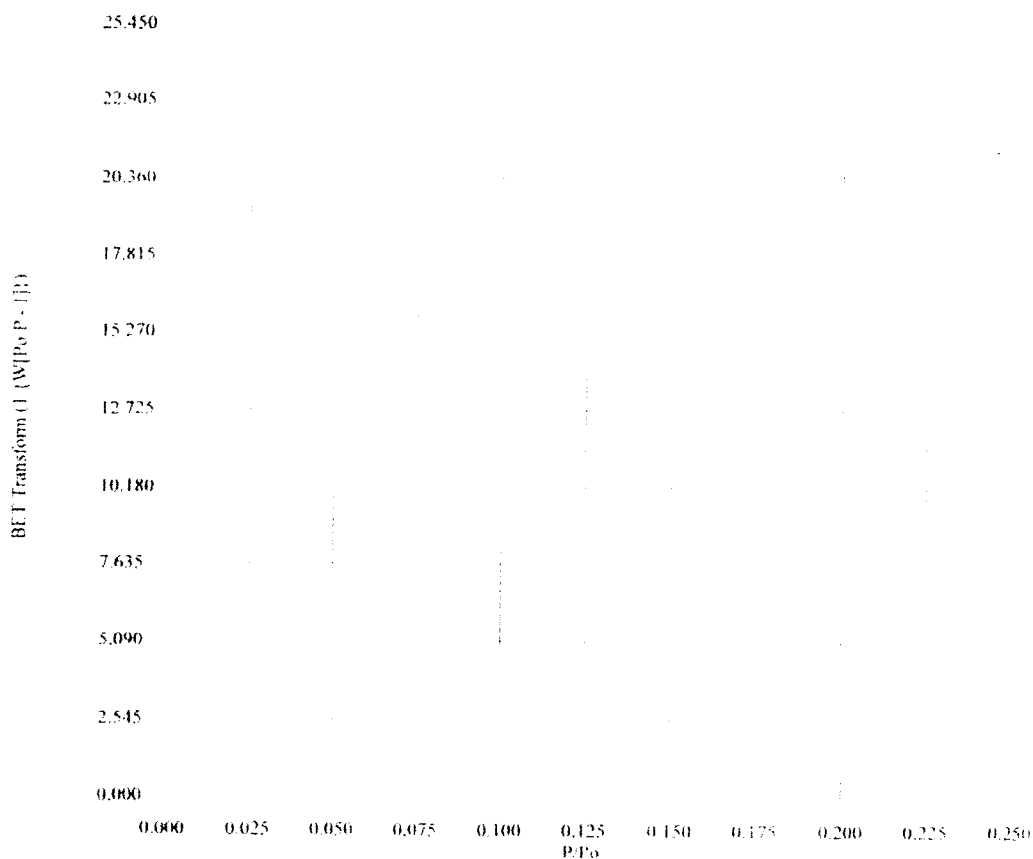
Total Pore Volume is 30.046423 e-03 cc/g for all pores less than 574.368980 Angstrom.

Average pore radius is 17.520775 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617b.dat

User ID	=		User Setup	=	5
Sample ID	=	617/P/KA B	Sample Cell Number	=	2
Sample Weight	=	0.5770 g	Sample Volume	=	0.5770 cc
Sample Density	=	1.0000 g/cc			
Po Type	=	User	Po	=	752.03 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	=	Thu Oct 12 10:26:28 2006	Analysis End Time	=	Thu Oct 12 11:47:33 2006

Multi BET (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617b.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.5770 g	Sample Volume	= 0.5770 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	752.03 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	= Thu Oct 12 10:26:28 2006	Analysis End Time	Thu Oct 12 11:47:33 2006

Multi BET (Adsorption)

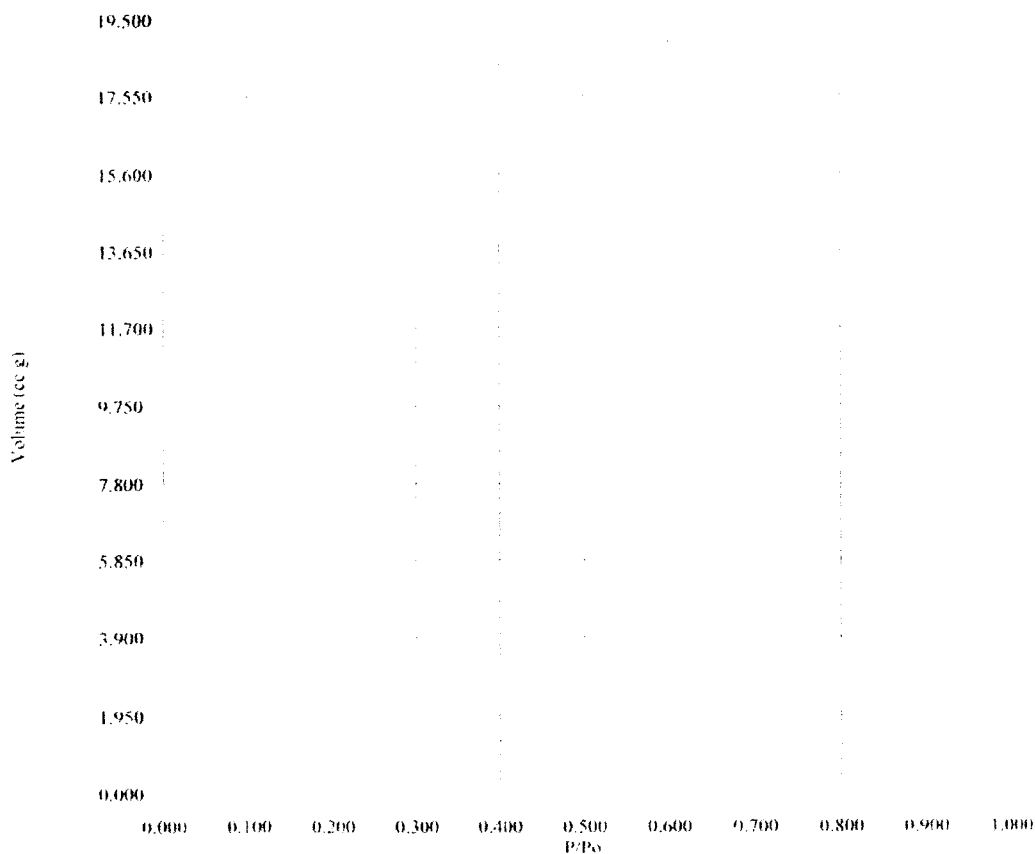
P/Po	BET Transform (1/W[(Po/P - 1)])
0.049228	5.564584
0.074136	8.022048
0.151801	15.683809
0.196446	20.239337
0.245226	25.449699
Slope	= 101.029267
Intercept	= 0.507593
Correlation Coefficient	0.999865
BET C	200.035793
Surface Area	19.789976 sq m
Specific Surface Area	34.298052 sq m/g



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617b.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.5770 g	Sample Volume	= 0.5770 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 752.03 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	= Thu Oct 12 10:26:28 2006	Analysis End Time	= Thu Oct 12 11:47:33 2006

ISOTHERM (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617b.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA B	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.5770 g	Sample Volume	= 0.5770 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	= 752.03 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	Thu Oct 12 10:26:28 2006	Analysis End Time	Thu Oct 12 11:47:33 2006

ISOTHERM (Adsorption)

P/Po	Volume (cc/g)
0.049228	7.444880
0.074136	7.986339
0.151801	9.130175
0.196446	9.664659
0.245226	10.214565
0.285133	10.647925
0.322831	11.051039
0.360140	11.459462
0.396871	11.854151
0.433465	12.253272
0.470653	12.664219
0.508273	13.082994
0.543451	13.492165
0.581684	13.952947
0.618191	14.395560
0.658737	14.900392
0.693871	15.338847
0.729938	15.817067
0.765936	16.300761
0.802253	16.798226
0.839830	17.115954
0.874947	17.633013
0.912153	18.206327
0.947607	18.807157
0.983501	19.452020

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617a.dat

User ID		User Setup	= 5
Sample ID	-- 617/P/KA A	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.5648 g	Sample Volume	= 0.5648 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	750.86 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	Wed Oct 11 11:11:08 2006	Analysis End Time	Wed Oct 11 12:37:34 2006

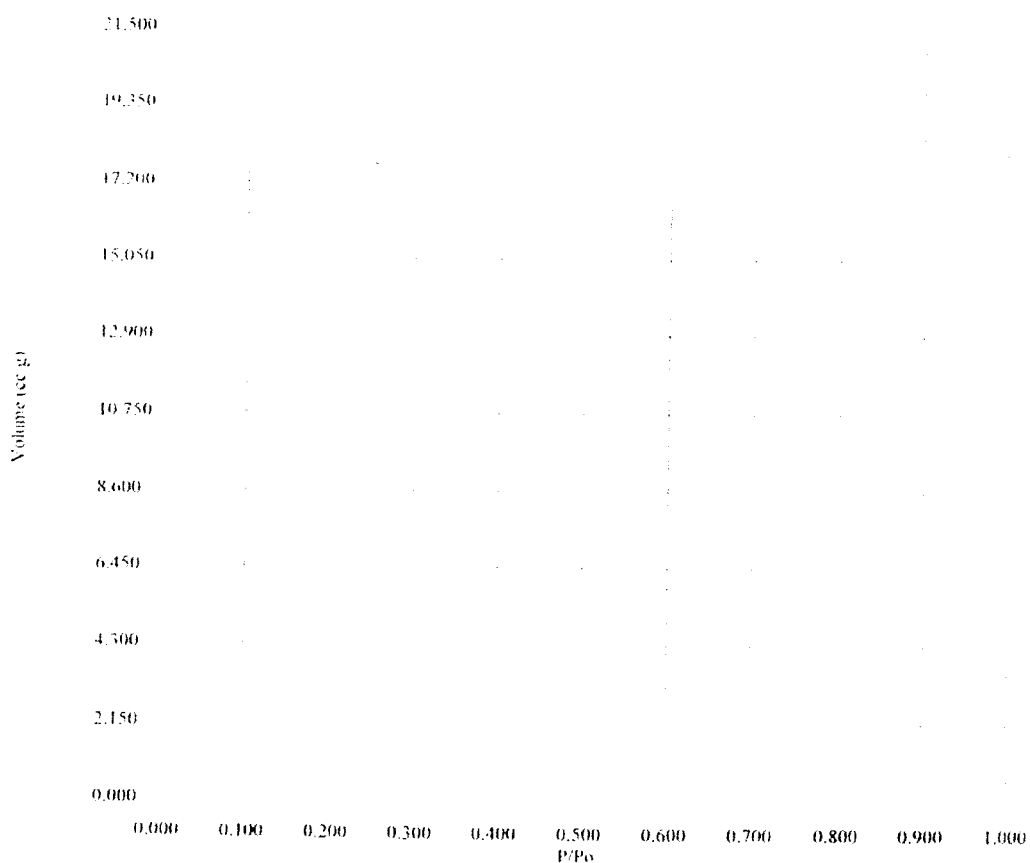
ISOTHERM (Adsorption)

P/Po	Volume (cc/g)
0.054768	8.567064
0.067120	8.702950
0.150836	10.139510
0.196571	10.766445
0.246074	11.589136
0.286225	11.881301
0.324016	12.335592
0.360718	12.774660
0.397498	13.209428
0.433845	13.642413
0.470582	13.981251
0.507258	14.389584
0.543709	14.826304
0.582324	15.502930
0.619715	15.777632
0.659217	16.298553
0.695245	16.782041
0.731549	17.276393
0.768216	17.789806
0.804676	18.329870
0.840350	18.876137
0.876896	19.445379
0.911541	20.096884
0.947681	20.770128
0.984806	21.456986

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617a.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA_A	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.5648 g	Sample Volume	= 0.5648 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 750.86 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	= Wed Oct 11 11:11:08 2006	Analysis End Time	= Wed Oct 11 12:37:34 2006

ISOTHERM (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617a.dat

User ID		User Setup	= 5
Sample ID	617/P/KA A	Sample Cell Number	4
Sample Weight	0.5648 g	Sample Volume	0.5648 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	750.86 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	Wed Oct 11 11:11:08 2006	Analysis End Time	Wed Oct 11 12:37:34 2006

DVR (Adsorption)		
Pore Radius (Ang)	Pore Area (sq m /g e-03)	Pore Volume (cc/g e-03)
421.185699	0.119757	0.002522
155.206312	2.048196	0.015895
100.599226	7.837885	0.039424
75.214563	16.072478	0.060444
59.910454	32.521991	0.097420
49.859126	56.371633	0.140532
42.583456	87.645060	0.186611
37.129221	131.415541	0.243968
32.902908	189.466811	0.311700
29.372389	265.115239	0.389353
26.408330	352.627177	0.465562
23.961634	458.689460	0.549538
21.891077	579.514918	0.634396
20.147115	671.225188	0.679185
18.599383	660.099659	0.613872
17.223180	1149.855010	0.990208
15.980444	1382.396818	1.104564
14.840503	1683.501170	1.249200
13.775964	2004.395692	1.380674

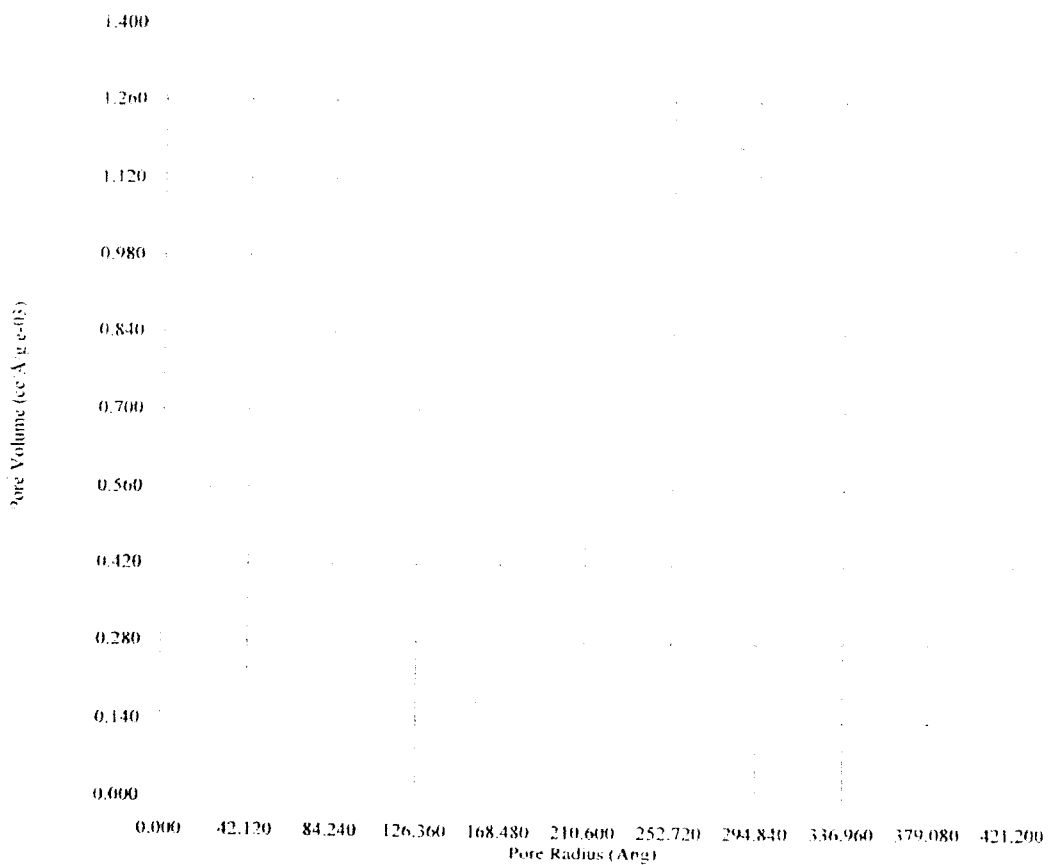
Total Pore Volume is 33.143380 e-03 cc/g for all pores less than 624.132823 Angstrom

Average pore radius is 17.317974 Angstrom

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617a.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA A	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.5648 g	Sample Volume	= 0.5648 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 750.86 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	= Wed Oct 11 11:11:08 2006	Analysis End Time	= Wed Oct 11 12:37:34 2006

DVR (Adsorption)



Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617a.dat

User ID		User Setup	= 5
Sample ID	617.P:KA_A	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.5648 g	Sample Volume	= 0.5648 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	= 750.86 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	Wed Oct 11 11:11:08 2006	Analysis End Time	= Wed Oct 11 12:37:34 2006

BJH (Adsorption)

Pore Radius (Ang)	Cumulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cumulative Pore Volume (cc/g e-03)
421.185699	16530.948410	22.902683
155.206342	16476.501139	21.756063
100.599226	16318.152133	20.527224
75.214563	16068.101688	19.269480
59.910481	15764.869758	18.129107
49.859126	15383.006801	16.985228
42.583456	14911.685151	15.810244
37.129221	14369.130000	14.655050
32.902905	13749.098260	13.503986
29.572389	13041.528371	12.339930
26.405330	12159.622333	11.044746
23.961644	11240.105970	9.830739
21.894027	10194.406080	8.577905
20.147115	9119.128549	7.400797
18.599383	8014.514917	6.288058
17.223180	7052.670626	5.393573
15.980411	5563.279841	4.110970
14.840505	3917.886987	2.796268
13.775964	2083.592405	1.435175

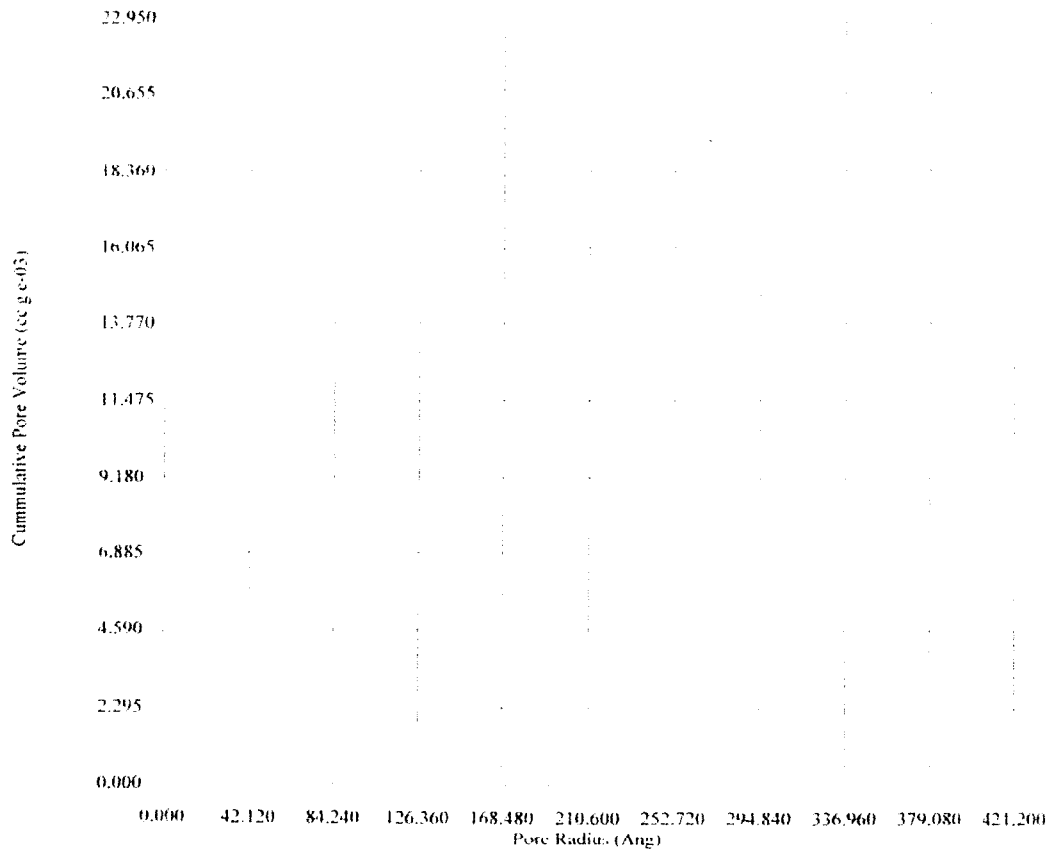
Total Pore Volume is 33.143380 e-03 cc/g for all pores less than 624.132823 Angstrom.

Average pore radius is 17.317974 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617a.dat

User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	= 617/P/KA A	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.5648 g	Sample Volume	= 0.5648 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 750.86 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	= Wed Oct 11 11:11:08 2006	Analysis End Time	= Wed Oct 11 12:37:34 2006

BJH (Adsorption)





Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617a.dat

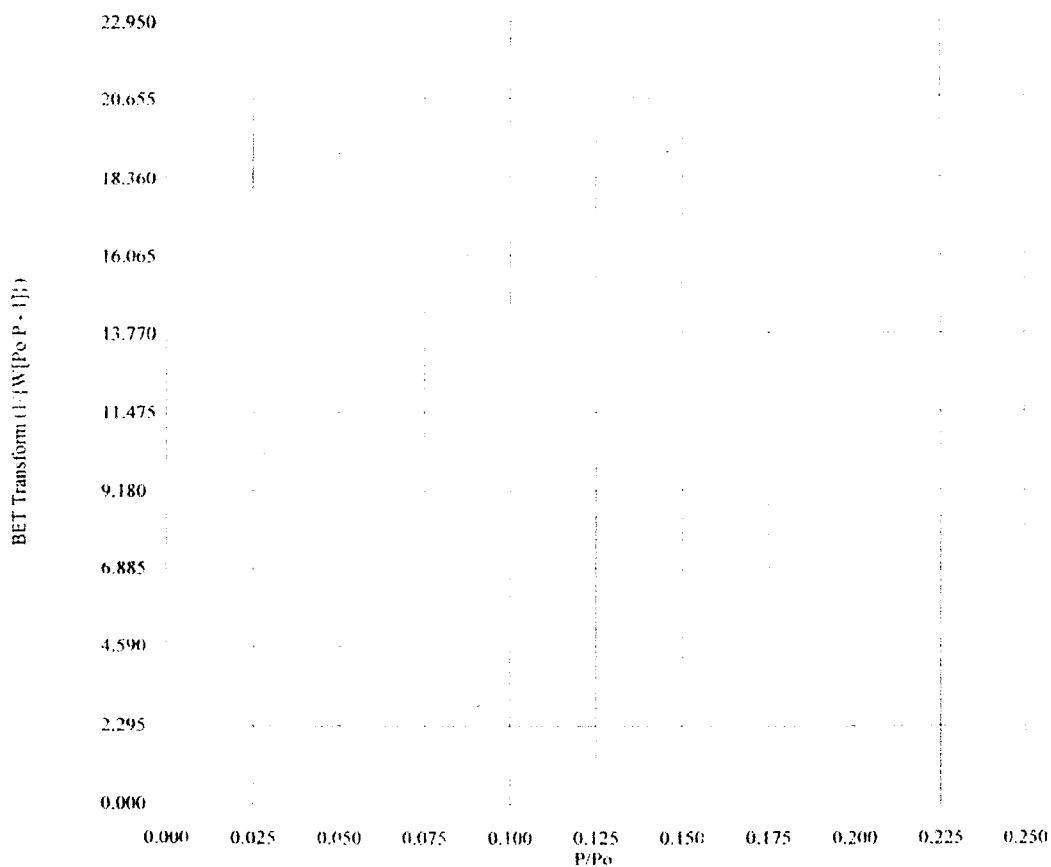
User ID	=	User Setup	= 5
Sample ID	617/PKA A	Sample Cell Number	4
Sample Weight	= 0.5648 g	Sample Volume	= 0.5648 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
Po Type	User	Po	= 750.86 mm Hg
Adsorbate	N2	Bath Temperature	77.40 deg K
Adsorption Tolerance	0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	180 sec	Desorption Dwell Time	0 sec
Analysis Start Time	Wed Oct 11 11:11:08 2006	Analysis End Time	Wed Oct 11 12:37:34 2006

Multi BET (Adsorption)	
P/Po	BET Transform (1/[W(Po/P - 1)])
0.054768	5.540716
0.067120	6.614720
0.150836	14.016810
0.196571	18.182428
0.246074	22.929780
Slope	= 90.470758
Intercept	= 0.512919
Correlation Coefficient	0.999857
BET C	177.384252
Surface Area	21.618442 sq m
Specific Surface Area	38.276279 sq m/g

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = 617a.dat

User ID	=		User Setup	=	5
Sample ID	=	617/P/KA A	Sample Cell Number	=	4
Sample Weight	=	0.5648 g	Sample Volume	=	0.5648 cc
Sample Density	=	1.0000 g/cc			
Po Type	=	User	Po	=	750.86 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	=	Wed Oct 11 11:11:08 2006	Analysis End Time	=	Wed Oct 11 12:37:34 2006

Multi BET (Adsorption)



# *LAMPIRAN 5*

**Badan Air → Peraturan Pemerintah No. 82 Th. 2001**

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Badan Air Kelas I *)	Teknik Pengujian
<b>FISIKA</b>				
1	Temperatur	°C	-	Temperatur
2	Zat padat terlarut	mg/l	1000	Gravimetri
3	Zat padat Tersuspensi	mg/l	50	Gravimetri
<b>KIMIA</b>				
<b>ANORGANIK</b>				
4	pH	-	6 - 9	pH meter
5	BOD	mg/l	2	Titrimetri/winkler
6	COD	mg/l	10	Reflux kalium dikromat
7	DO	mg/l	6	DO meter
8	Total Fosfat	mg/l	0.2	Spektrofotometri
9	NO <sub>3</sub> -N	mg/l	10	Spektrofotometri (Brusin)
10	NH <sub>3</sub> -N	mg/l	0.5	Spektrometri (Nesler)
11	Arsen (As)	mg/l	0.05	-
12	Kobalt (Co)	mg/l	0.2	AAS
13	Barium (Ba)	mg/l	1	-
14	Boron (B)	mg/l	1	-
15	Selenium (Se)	mg/l	0.01	AAS
16	Kadmium (Cd)	mg/l	0.01	AAS
17	Khrom (VI)	mg/l	0.05	AAS
18	Tembaga (Cu)	mg/l	0.02	AAS
19	Besi (Fe)	mg/l	0.3	AAS
20	Timbal (Pb)	mg/l	0.03	AAS
21	Mangan (Mn)	mg/l	0.1	AAS
22	Air Raksa (Hg)	mg/l	0.001	AAS
23	Seng (Zn)	mg/l	0.05	AAS
24	Khlorida (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	600	Titrimetri
25	Sianida (CN <sup>-</sup> )	mg/l	0.02	Destilasi
26	Flourida (F <sup>-</sup> )	mg/l	0.5	Spektrofotometri
27	Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0.06	Spektrofotometri (NED)
28	Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	400	Spektrofotometri
29	Khlorin Bebas (Cl <sub>2</sub> )	mg/l	0.03	Titrimetri

30	Belerang sebagai H <sub>2</sub> S	mg/l	0.002	Spektrofotometri
<b>KIMIA ORGANIK</b>				
31	Minyak dan Lemak	mg/l	1000	Ekstraksi/gravimetri
32	Detergen sebagai MBAS	mg/l	200	Spektrofotometri
33	Fenol	mg/l	1	Titrimetri
<b>MIKROBIOLOGI</b>				
34	Fecal Coliform	Jumlah per 100 ml	100	MPN
35	Total Coliform	Jumlah per 100 ml	1000	MPN

## *LAMPIRAN 6*

**STANDAR**

**19**

SK SNI M-79-1990-03

METODE PENGUJIAN KADAR KROM DALAM  
AIR DENGAN ALAT SPEKTROFOTOMETER  
SERAPAN ATOM TUNGKU KARBON



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

## DAFTAR ISI

halaman

I	DESKRIPSI .....	1
1.1	Maksud dan Tujuan .....	1
1.1.1	Maksud .....	1
1.1.2	Tujuan .....	1
1.2	Ruang Lingkup .....	1
1.3	Pengertian .....	1
II	CARA PELAKSANAAN	
2.1	Peralatan dan Bahan Penunjang Uji .....	2
2.1.1	Peralatan .....	2
2.1.2	Bahan Penunjang Uji .....	2
2.2	Persiapan Benda Uji .....	2
2.2.1	Pengujian Krom Terlarut .....	2
2.2.2	Pengujian Krom Total .....	3
2.3	Persiapan Pengujian .....	3
2.3.1	Pembuatan Larutan Induk Krom, Cr .....	3
2.3.2	Pembuatan Larutan Baku Krom, Cr .....	3
2.3.3	Pembuatan Kurva Kalibrasi .....	4
2.4	Cara Uji .....	4
2.5	Perhitungan .....	4
2.6	Laporan .....	4



## I. DESKRIPSI

### 1.1 Maksud dan Tujuan

#### 1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pelaksanaan pengujian kadar krom, Cr dalam air.

#### 1.1.2 Tujuan

Tujuan metode pengujian ini untuk memperoleh kadar krom dalam air.

### 1.2 Ruang Lingkup

Lingkup pengujian meliputi:

- 1) cara pengujian kadar krom terlarut dan krom total yang terdapat dalam air antara 5-100  $\mu\text{g/L}$ ;
- 2) penggunaan metode atomisasi tungku karbon dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 357,9 nm.

### 1.3 Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengujian ini:

- 1) krom terlarut adalah unsur krom dalam air yang dapat lolos melalui saringan membran berpori 0,45  $\mu\text{m}$ ;
- 2) krom total adalah jumlah unsur krom yang terlarut dan tersuspensi dalam air setelah dilakukan proses pemanasan dengan asam kuat;
- 3) kurva kalibrasi adalah grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan baku dengan hasil pembacaan serapan-masuk yang biasanya merupakan garis lurus;
- 4) larutan induk adalah larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah;
- 5) larutan baku adalah larutan yang mengandung kadar yang sudah diketahui secara pasti dan langsung digunakan sebagai pembanding dalam pengujian;
- 6) tungku karbon adalah perlengkapan atomisasi pada alat spektrofotometer serapan atom yang menggunakan arus listrik sebagai sumber panas.

## II. CARA PELAKSANAAN.

### 2.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji

#### 2.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan terdiri atas:

- 1) spektrofotometer serapan atom sinar tunggal atau sinar ganda yang dilengkapi dengan peralatan tungku karbon dan mempunyai kisaran panjang gelombang antara 190-870 nm dan lebar celah 0,2-2 nm serta telah dikalibrasi pada saat digunakan;
- 2) pemanas listrik yang dilengkapi dengan pengatur suhu;
- 3) pipet mikro 5, 10 dan 25  $\mu$ L;
- 4) labu ukur 50, 100 dan 1000 mL;
- 5) gelas piala 100 mL;
- 6) pipet seukuran 5 dan 10 mL;
- 7) kaca arloji berdiameter 5 cm;
- 8) gelas ukur 100 mL;
- 9) pipet ukur 10 mL;
- 10) tabung reaksi 20 mL.

#### 2.1.2 Bahan Penunjang Uji:

Bahan kimia yang berkualitas p.a dan bahan lain yang digunakan dalam pengujian ini terdiri atas:

- 1) kemasan larutan logam Cr 1,0 g atau kemasan larutan induk Cr 1000 mg/L;
- 2) asam nitrat pekat,  $\text{HNO}_3$ ;
- 3) air suling atau air demineralisasi yang bebas logam;
- 4) saringan membran berpori 0,45  $\mu$ m.

### 2.2 Persiapan Benda Uji

#### 2.2.1 Pengujian Krom Terlarut

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air, SK SNI M-02-1989-F;
- 2) saring 100 mL contoh uji secara duplo dengan saringan membran berpori 0,45  $\mu$ m, air saringan merupakan benda uji;
- 3) masukkan benda uji ke dalam tabung reaksi;

- 4) benda uji siap diuji.

### 2.2.2 Pengujian Krom Total

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air, SK SNI M-02-1989-F;
- 2) kocok contoh uji, ukur 50 mL secara duplo dan masukkan ke dalam gelas piala 100 mL;
- 3) tambahkan 5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat dan panaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15-20 mL;
- 4) tambahkan lagi 5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji dan panaskan lagi;
- 5) lanjutkan penambahan asam dan pemanasan sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam contoh menjadi agak putih atau contoh menjadi jernih;
- 6) tambah lagi 2 mL  $\text{HNO}_3$  pekat dan panaskan kira-kira 10 menit;
- 7) bilas kaca arloji dan masukan air bilasannya ke dalam gelas piala;
- 8) kemudian pindahkan masing-masing ke dalam labu ukur 50 mL dan tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera;
- 9) pindahkan benda uji ke dalam tabung reaksi;
- 10) benda uji siap diuji.

### 2.3 Persiapan Pengujian

#### 2.3.1 Pembuatan Larutan Induk Krom, Cr

Buat larutan induk krom 1000 mg/L dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) tuangkan larutan logam Cr 1,0 g dari kemasan ke dalam labu ukur 1000 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera.

#### 2.3.2 Pembuatan Larutan baku Krom, Cr

Buat larutan baku krom dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) pipet 0, 10, 20, 30 dan 40  $\mu\text{L}$  larutan induk krom dan masukan masing-masing ke dalam labu ukur 1000 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar krom 0, 10, 20, 30 dan 40  $\mu\text{g/L}$ ;
- 3) masukkan larutan baku tersebut masing-masing ke dalam tabung

reaksi 20 mL secara duplo.

### 2.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) atur alat SSA dan optimalkan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengujian kadar krom;
- 2) suntikkan larutan baku satu persatu ke dalam tungku karbon dan panaskan tungku karbon, kemudian catat masing-masing serapan-masuknya;
- 3) apabila perbedaan pengukuran secara duplo lebih dari 2%, periksa keadaan alat dan ulangi langkah 1) dan 2) apabila perbedaannya kurang atau sama dengan 2% rata-ratakan hasilnya;
- 4) buat kurva kalibrasi dari data 2) di atas atau tentukan persamaan garis lurusnya.

### 2.4 Cara Uji

Uji kadar krom dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) suntikkan benda uji satu persatu ke dalam tungku karbon alat SSA dan panaskan tungku karbon;
- 2) catat serapan-masuknya.

### 2.5 Perhitungan

Hitung kadar krom dalam benda uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau persamaan garis lurus dan perhatikan hal-hal berikut:

- 1) selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2%, rata-ratakan hasilnya;
- 2) bila hasil perhitungan kadar krom lebih besar dari 100  $\mu\text{g/L}$ , ulangi pengujian dengan cara mengencerkan contoh uji.

### 2.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) parameter yang diperiksa;
- 2) nama pemeriksa;
- 3) tanggal pemeriksaan;
- 4) nomor laboratorium;
- 5) data kurva kalibrasi;

- 6) nomor contoh uji;
- 7) lokasi pengambilan contoh uji;
- 8) waktu pengambilan contoh uji;
- 9) pembacaan serapan masuk pertama dan kedua;
- 10) kadar dalam benda uji.