TA/TL/2006/0138

PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 9 Mei 2007
NO. JUDUL : 002410
NO. INV. : 9120002410001
NO. INDUK. :

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KADAR MERKURI (Hg) PADA LIMBAH LABORATORIUM DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh derajat Sarjana Strata – 1 Teknik Lingkungan

PERPUSTAKAAN ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Disusun oleh :

Nama : Heru Mardiansyah Herlambang

No. Mahasiswa : 02513106

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JOGJAKARTA

2006

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

131/07

LEMBAR PENGESAHAN

PENURUNAN KADAR MERKURI (Hg) PADA LIMBAH LABORATORIUM DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK

Nama : **Heru Mardiansyah Herlambang**

No. Mahasiswa : **02 513 106**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

Eko Siswoyo, ST

Tanggal : 9 - 1 - 07

PENURUNAN KADAR MERKURI (Hg) PADA LIMBAH LABORATORIUM DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK

Kasam [1], Eko Siswoyo [2], Heru Mardiansyah Herlambang [3]

ABSTRAKSI

Pada saat ini limbah laboratorium belum mampu tertangani dengan baik, oleh karena itu perlu adanya alternatif untuk pengelolaan dan pengolahan limbah cair laboratorium. Air buangan dari suatu laboratorium disinyalir mengandung Merkuri (Hg) (Palar, 1994). Hg merupakan salah satu zat kimia yang terkandung di dalam limbah yang bersifat toksik dan keberadaannya di lingkungan dapat menyebabkan pencemaran dan rusaknya lingkungan. *Membran Keramik* digunakan untuk menurunkan kadar Hg dalam air limbah sampai batas aman untuk sampai ke lingkungan. Teknologi *Membran Keramik* merupakan alternatif pengolahan limbah cair laboratorium yang efektif, efisien dan mudah diterapkan. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam *membran keramik* dimana terjadi proses filtrasi dan adsorbsi didalamnya yang pada akhirnya akan menghasilkan effluent melalui pori-pori pada dinding *membran keramik*, yang ditujukan untuk mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi Hg dalam limbah cair laboratorium.

Pada penelitian ini menggunakan *Membran Keramik* dengan komposisi tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergajI, dimana serbuk gergaji yang digunakan adalah 7,5 % dan 10 % dari 1 kg tanah lempung. Adapun dimensi reaktor adalah diameter atas 5 cm dan diameter bawah 9 cm dengan tinggi 12,5 cm. *Membran keramik* yang digunakan pada penelitian ini dibagi berdasarkan komposisi serbuk gergaji menjadi 2 jenis, yaitu : *membran keramik* dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dan 10 %. Dimana pada prosesnya limbah cair laboratorium dari tempat penampungan (inlet) dengan bantuan pompa dengan Q = 900 L/jam akan mengalir melalui pipa menuju membran keramik. Air limbah yang mengalir kedalam membran keramik tersebut akan merembes melewati pori-pori dinding keramik, kemudian ditampung dan dialirkan ke pipa outlet. Pengambilan sampel dilakukan per 1 jam selama 5 jam pada inlet dan outletnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penurunan kadar Hg dengan komposisi serbuk gergaji 7,5 % adalah sebesar 91,8816 % dari 1,318 ppm turun menjadi 0,107 ppm dan untuk 10 % terjadi penurunan sebesar 56,6009 % dari 1.318 ppm menjadi 0.572 ppm. Sedangkan menurut uji Tukey waktu penurunan yang paling optimum adalah pada jam ke-4. Ini menunjukkan bahwa reaktor membran keramik dapat menurunkan konsentrasi Hg pada limbah cair laboratorium.

Kata kunci : *Membran Keramik*, limbah laboratorium, Hg, filtrasi, adsorbsi.

1) Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan-Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
2) Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan-Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
3) Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan-Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta

DEGRADATION THE CONCENTRATION OF MERCURY (Hg) IN LABORATORY WASTEWATER USING CERAMIC MEMBRANE

Kasam [1], Eko Siswoyo [2], Heru Mardiansyah Herlambang [3]

ABSTRACT

For the moment processing of laboratory wastewater has not been handled as well, that is why we need to find some alternative for managing and processing laboratory waste. Wastewater from the laboratory quesed contain Mercury (Hg), this situation maybe because there is Mercury (Hg) (Palar, 1994). Hg is one of chemical subtance that contained in waste which is toxic and the exist in enviromental can cause pollution and destroy the environmental. *Ceramic Membrane* that is using for degrade Hg in wastewater until safety limit in our enviromental. *Ceramic Membrane* technology is an alternative for processing the laboratory liquid waste which is effective, efficient, and easy to use. In this research, the waste water flowed into *Ceramic Membrane* where filtration process and adsorbtion process happened. in *Ceramic Membrane* and the end of that process will produce effluent phassing through. pores on the *Ceramic Membrane* wall, which using for knowing the reduce efficiency of Hg concentrate in the laboratory waste.

This reaserch used *Ceramic Membrane* with a compotition of clay, quartz sand and sawdust, where the composition of sawdust are 7,5 % and 10 % from 1 kg of clay. While the dimention of the raector are 5 cm for up diameter, and 9 cm for bottom diameter and high is 12,5 cm. *Ceramic Membrane* wich used in this reaserch was devided processing labolatory waste from inlet used pump with Q = 900 lt/hour will flow passing through pipe to *Ceramic Membrane* wastewater than flowed into *Ceramic Membrane* would permeate through wall pore ceramic, than would collect and would be flowed into outlet pipe. Sample was taken every one hours for five hours on inlet and outlet.

From the result showed that the efficiency of Hg in laboratory waste for the composition sawdust 7,5 % is 91,8816 % from 1,318 ppm until to 0,107 ppm and for 10 % the reducing is 56,6009 % from 1,318 ppm until to 0,572 ppm. While from Tukey test the optimum time in reducing Hg is in hours of 4. It means that *Ceramic Membrane* can reduce the concentration of Hg in laboratory wastewater.

Keywords : *Ceramics Membrane*, laboratory waste water, Hg, adsorbtion, filtration.

1) Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan-Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
2) Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan-Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
3) Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan-Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sebuah karya kecil sebagai ungkapan cinta, hormat dan baktiku bagi orang-orang tercinta, dengan kerendahan hati karya ini kupersembahkan untuk :

Papa 'n Mama untuk Kasih Sayang, Tetesan Keringat, Air Mata, Lantunan Doa, Perih Hati, dan Segalanya yang tidak akan pernah habis untuk ananda sebutkan.....kupersembahkan tetesan tinta ini untuk papa dan mama tercinta terima kasih buat segalanya.....

Adekku Affan

Kau adalah Semangatku, Penerangku, Sennyumku,
Semoga kita akan menjadi saudara yang selalu kompak,
Saling membantu dan saling menyayangi selamanya.....

My Lovely Nazula Nutayla

Makasih atas cinta kasih mu
U'r my friend, my best friend, my sister n my lovely
Dinada bagian terpenting dalam perjalanan hidupku

MOTTO

Air mata adalah ungkapan cinta yang ditujukan untuk orang lain
Sedangkan tawa adalah ungkapan kegembiraan seseorang
Yang tenggelam dalam egonya sendiri

(Anonimus)

Penggalian potensi diri seperti menuruni sumur tanpa dasar

Selamanya kita tidak akan pernah tuntas untuk mengeksplorasi potensi diri

(Anis Matta)

Katakanlah
Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku dan matiku
hanya untuk Allah
tiada sekutu bagiNya
dan demikian itulah yang diperintahkan kepadaku
dan aku adalah orang yang pertama-tama menyerahkan diri
(Kepada Allah)

(Al-An'am 162-163)

Cinta yang telah dicuci dengan air mata akan selalu suci, bersih lagi indah

(Shakespare)

KATA PENGANTAR

بسم الله الرحمن الرحيم

Assalamu'alakum Wr. Wb.

Segala puji bagi Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **"PENURUNAN KADAR MERKURI (Hg) PADA LIMBAH LABORATORIUM DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK".**

Tugas akhir ini adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia.

Dalam rangka penyusunan tugas akhir ini, tak lepas dari bantuan berbagai pihak baik yang berupa material maupun spiritual. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak **Luqman Hakim, ST. Msi** selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan.
2. Bapak **Eko Siswoyo, ST** selaku Sekertaris Jurusan Teknik Lingkungan dan juga selaku Dosen Pembimbing II yang banyak memberi masukan dalam penyusunan tugas akhir ini dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak **Ir. H. Kasam, MT** selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi penulis banyak masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Buat **papa 'n mama** makasih banyak atas doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan TA dengan lancar.
5. **Membran Keramik Team**, Akbar, ST, Nazula, ST, Dian A. N, ST, Dian K, ST, Rina, ST, Phyan, Tia, Encur, ST, Maz Anton, ST.....makasih banyak atas masukannya...'n buat temen seperjuangan ku Tika n Eni ayo semangat.....kita jangan mo kalah kita bikin penelitian yang lebih baik lagi dari mereka.

6. **Mas Iwan**, Labornya Teknik Lingkungan. Makasih banyak yah mas atas bantuannya selama ngeLab meskipun mas susah bangat di temui maklum kok sibuk.
7. **Maz Pur** makasih banyak ya dah ngebikinin keramiknya meskipun dah kena gempa mas tetep semngat bikinin pesenan kita.
8. **Maz Agus** maaf klo sering bikin repot mas di jurusan thanx buanget buat bantuannya selama di Teknik Lingkungan.
9. **Bu Rusdiana** makasih banyak udah ngijinin buat ngelab di BPKL, maaf udah banyak ngerepotin.
10. Buat **kak Frans** makasih buanyak ya dah bantuin aku ngerjain TA ku akhirnya kelar juga thanx a lot buat inggrisnya n tumpangannya maaf klo sering ngabisin makanannya n **Maz Once** jangan saingan ma kak Frans ya aku tetep ma kalian berdua kok kan kalian dan tak anggep sodara pokoke makasih banget coz aku bisa kenal kalian kakak-kakakku yang pualing uapiiii.....k eh lupa kakakku yang satu lagi neh **Maz Prayit** makasih buanyak bwt supportnya ya mas emang paling ngerti aku, kapan-kapan aku pijit lagi he he.....
11. Buat sahabatku **Ari, Lia n Lala** aku kangen kita jalan berempat lagi kapan neh jalan ke Solo lagi sekalian ajak pacarnya masing-masing neh.....makacih dah mo jadi sahabatku kapan ku aku butuh kalian selalu ada maaf klo kadang-kadang aku susah di cari he.....
12. Buat team **Tenis** ku (**Mas irul, Sanil, aka Boncu, Marco, Rifky, BW, Mamase, Bunc, Adri , Mas Bagus, Mas Agus, Mas Rio,Ucup** n spesial pake telor buat **Mas na2ng,** makis buat autocadnya ya). ayuk kita maen tenis sepuasnya lagi.....
13. **Anak-anak TL 2002**.....yang dah pada lulus selamet deh klo ada lowongan kerja jangan lupa kabarin ya bagi-bagi pokok'e
14. Buat anak-anak **Kost**, Hanung, Dimas, Ega, Dodo, Mas Mamik, Andi, Mas Her, Achonx, Ucok, Smile n Ian, makasi buat support, tenaga n banyak hal yang takkan terlupakan seumur hidupku, kalian saudara terdekatku di kota "gudek" ini.

15. **Bapak n Ibu kost** yang dah memberikan doanya.....makasih.....
16. 'n special bwt **adekku** yang paling cerewet makasih ya bwt support n bantuannya selama ini makasih dah selalu jagin mama n papa selama aku menuntut ilmu, **Affan** eamang bisa diandalkan , saluuuuuuuut deh.....
17. buat semua keluarga makasih dah banyak bantuin doa & angpawnya, doain eyu biar cepet dapet kerja yaaaaaa.
18. Anak-anak KKN (**Sadec, pak ketu, Tri, Edi, Elva, Andi, Dela, Tata, Siti, Vidi, Evi, Agi**) makasih ya, kalian udah ngajarin banyak arti hidup di dunia ini, kapan kit ngumpul bareng-bareng lagi.
19. Dan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini mungkin masih banyak kekurangan yang disebabkan terbatasnya kemampuan dan pengetahuan dari penyusun. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Oktober 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAM PENGESAHAN ii
ABSTRAK iii
HALAMAN PERSEMBAHAN v
MOTTO vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan masalah 6
1.3 Batasan Masalah 6
1.4 Tujuan Penelitian 7
1.5 Manfaat Penelitian 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Pencemaran Logam Berat 9
2.2 Merkuri (Hg) 10
2.3 Pencemaran Merkuri (Hg) di Lingkungan 12
2.4 Membran Keramik 13
2.4.1 Keramik 20
2.4.2 Bahan Baku Keramik 21
2.4.3 Pembuatan Keramik 32
2.5 Hipotesa 37

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 38

3.1 Jenis Penelitian..... 38
3.2 Objek Penelitian..... 38
3.3 Lokasi Penelitian..... 38
3.4 Waktu Penelitian..... 38
3.5 Metode Penelitian..... 39
3.6 Parameter dan Variable Penelitian..... 40
3.6.1 Parameter Penelitian..... 40
3.6.2 Variabel Penelitian..... 40
3.7 Tahapan Penelitian..... 40
3.8 Cara Kerja..... 41
3.8.1 Desain Reaktor..... 41
3.8.2 Reaktor Membran Keramik..... 42
3.9 Analisa Laboratarium..... 43
3.10 Analisa Data..... 43

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... 46
4.1 Hasil Penelitian Parameter Merkuri (Hg)..... 46
4.2 Analisa Data Merkuri (Hg)..... 55
4.2.1 T-Test untuk Analisa Hg pada
Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %..... 55
4.2.2 T-Test untuk Analisa Hg pada
Komposisi Serbuk Gergaji 10 %.....56
4.3 Pembahasan Konsentrasi Merkuri (Hg) pada
Membran Keramik.....59

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....67
5.1 Kesimpulan.....67
5.2 Saran..... 68

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Macam dan Perkiraan Jumlah Limbah Serbuk Gergaji di Kalimantan Timur....31
Tabel 2.2 Jenis Kayu dan Kandungan Kimianya yang Banyak Diolah di Kalimantan Timur....31
Tabel 2.3 Perubahan Komposisi Kaolin Dalam Pembakaran....36
Tabel 4.1 Data Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 7,5 %....46
Tabel 4.2 Data Koefisien Pada Inlet 7,5 %....48
Tabel 4.3 Data Koefisien Pada Outlet 7,5 %....50
Tabel 4.4 Data Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 10 %....51
Tabel 4.5 Data Koefisien Pada Inlet 10 %....53
Tabel 4.6 Data Koefisien Pad Outlet 10 %....54
Tabel 4.7 Uji Korelasi....57
Tabel 4.8 Uji Detail....57
Tabel 4.9 Uji Tukey....58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Perubahan Bentomit Alam Dalam Pembakaran (Meda Sagala, 2000)....36
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian....39
Gambar 3.2 Reaktor Membran Keramik....42
Gambar 4.1 Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 7,5 %....46
Gambar 4.2 Efisiensi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 7,5 %....47
Gambar 4.3 Regresi Linier Inlet pada Membran Keramik 7,5 %....47
Gambar 4.4 Dependent Variabel Inlet pada Membran keramik 7,5 %....48
Gambar 4.5 Regresi Linier Outlet pada Membran Keramik 7,5 %....49
Gambar 4.6 Dependent Variabel Outlet pada Membran keramik 7,5 %....49
Gambar 4.7 Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 10 %....51
Gambar 4.8 Efisiensi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 10 % 51
Gambar 4.9 Regresi Linier Inlet pada Membran Keramik 10 %....52
Gambar 4.10 Dependent Variabel Inlet pada Membran keramik 10 %....52
Gambar 4.11 Regresi Linier Outlet pada Membran Keramik 10 %....53
Gambar 4.12 Dependent Variabel Outlet pada Membran keramik 10 %....54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar-Gambar Penelitian.

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

Lampiran 3. Analisa Data Perbandingan Ganda (Uji Tukey).

Lampiran 4. Analisa Data Regresi Linier.

Lampiran 5. Data Hasil Analisa Konsentrasi Merkuri (Hg) Dari Dinas Pemukiman Prasarana Wilayah Balai Pengujian Konstruksi Lingkungan (BPKL), Sleman DIY.

Lampiran 6. Data Ukuran Pori Membran Keramik Dari Batan.

Lampiran 7. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Lampiran 8. SK SNI M - 31 - 1990 - 03 Untuk Parameter Merkuri (Hg).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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.

Selama ini Universitas Islam Indonesia telah melakukan penanganan limbah, yaitu dengan menampung limbah laboratorium tersebut, oleh karena itu perlu adanya alternatif lain untuk pengelolaan dan pengolahan limbah. Limbah laboratorium yang dihasilkan terdiri dari bahan - bahan organik maupun anorganik. Bahan - bahan tersebut jika dibuang kebadan air maupun lingkungan disekitarnya akan menjadi kontaminan yang dapat menurunkan kualitas air dan lingkungan disekitar tempat limbah laboratorium tersebut dibuang.

Teknologi pengolahan limbah, banyak macam dan ragamnya. Setiap jenis limbah mempunyai kekhususan dalam teknologi, tergantung jenis limbah yang akan diolah dan tingkat kesulitan dalam pengolahan. Teknologi pengolahan

limbah yang ada di pasar, sebagian besar adalah merupakan paket teknologi, oleh karena itu didalam pemilihan teknologi, sebaiknya dilakukan dahulu semacam penelitian untuk mengetahui karakteristik limbah yang akan diolah. Dengan mengetahui karakteristik limbah akan dapat ditentukan proses pengolahan limbah yang akan dilakukan, waktu yang dibutuhkan untuk proses pengolahan, bahan dan energi yang akan digunakan, biaya konstruksi dan operasi yang akan dikeluarkan. Pengetahuan akan teknologi pengolahan limbah penting agar tidak terjadi pemborosan yang berakibat kerugian.

Berdasarkan alasan - alasan tersebut, maka pada kesempatan ini dilakukan penelitian tentang penurunan kadar Merkuri (Hg) yang terkandung dalam air limbah laboratorium dengan menggunakan teknologi membran keramik. Dari pengujian sebelumnya diketahui bahwa konsentrasi merkuri pada limbah laboratorium terpadu Universitas Islam Indonesia adalah 27,170 ± 0.220 mg/L masih melebihi persyaratan ambang batas menurut peraturan pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air untuk parameter Hg kelas II sebesar 0,002 mg/L .yang terkandung dalam air limbah laboratorium.

Teknologi membran keramik merupakan teknologi yang sangat terkenal saat ini. Dalam prakteknya teknologi membran keramik ini digunakan dalam pengolahan air, baik untuk air baku maupun untuk air limbah yang akan menghasilkan air bersih tanpa mengandung zat - zat berbahaya lagi, sehingga diharapkan teknologi membran keramik ini dapat meremoval kandungan merkuri (Hg). Air limbah laboratorium hasil akhir dari penggunaan *membran keramik* diharapkan menghasilkan effluent yang berkulitas lebih baik dan dapat

- Pada penelitian dengan menggunakan komposisi serbuk gergaji 2,5 % , 5 % dan 7,5 %, untuk menurunkan konsentrasi Fe dan Mn pada air tanah didapatkan efesiensi penurunan optimum pada komposisi sebuk gergaji 2,5 % , 5 % dan 7,5 % secara berurutan untuk Fe, 97,85 %, 91,18 % dan 99,86 % sedangkan untuk Mn, 90,07 %, 96,76 % dan 70,49 %, pada variasi waktu 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, 300 menit dan 360 menit (Nasution, D, A. 2006).
- Pada penelitian dengan menggunakan komposisi serbuk gergaji 2,5 % , 5 % dan 7,5 %, untuk menurunkan konsentrasi *E.coli* dan COD pada air sungai didapatkan efesiensi penurunan optimum pada komposisi sebuk gergaji 2,5 % , 5 % dan 7,5 % secara berurutan untuk *E.coli*, 99,315 %, 98,577 % dan 97,998 % sedangkan untuk COD, 98,46 %, 92,868 % dan 89,496 %, pada variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit dan 180 menit (Rozalina, C. 2006).
- Pada penelitian dengan menggunakan komposisi serbuk gergaji 7,5 % dan 10 %, untuk menurunkan konsentrasi *E.coli* dan TDS pada air limbah domestik, didapatkan efesiensi penurunan optimum pada komposisi sebuk gergaji 7,5 % dan 10 % secara berurutan untuk *E.coli*, 98,9463 % dan 92,6765 % sedangkan untuk TDS, 70,714 %, 49,6599 % dan 89,496 %, pada variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit dan 180 menit (Nutayla, N. 2006).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada diatas maka diperoleh rumusan masalah :

a) Apakah reaktor *membran keramik* dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada limbah laboratorium dan berapa besar efisiensinya.
b) Pada komposisi berapakah serbuk gergaji dapat menurunkan konsentras Merkuri (Hg) yang optimum.
c) Berapakah waktu yang optimum untuk menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg).

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 limbah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah laboratorium dari laboratorium lingkungan Universitas Islam Indonesia.

d) Parameter yang diukur adalah Merkuri (Hg).

e) Komposisi yang digunakan untuk air limbah adalah : 100 % air limbah laboratorium.

f) Variasi dari serbuk gergaji adalah : 7.5 %, dan 10 %.

g) Variasi dari waktu tinggal adalah : 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah :

a) Untuk mengetahui besarnya efisiensi penurunan konsentrasi Merkuri (Hg) pada air limbah laboratorium.

b) Mencari komposisi membran keramik yang paling optimum, dari komposisi serbuk gergaji 7.5 %, dan 10 % dalam menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada air limbah laboratorium.

c) Mengetahui waktu yang optimal dari variasi waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam dalam menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada air limbah laboratorium dan untuk mengetahui titik jenuh dari membran keramik.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain, yaitu :

a) Mendapatkan suatu teknologi yang murah dan sederhana yang dapat menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada air limbah laboratorium.

b) Memberikan salah satu alternatif pengolahan limbah cair laboratorium dalam menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg).

c) Sebagai referensi dan bahan kajian bagi penelitian berikutnya untuk mengembangkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dan mencoba berbagai variasi sehingga akan diperoleh data yang lebih lengkap tentang kemampuan membran keramik dalam menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada air limbah laboratorium.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Logam Berat

Adanya sumber pencemaran air logam berat dari berbagai sumber akan menyebabkan terganggunya populasi biota di perairan tersebut. Masuknya zat pencemar logam berat ke dalam perairan selain mengendap di dasar perairan, juga akan diakumulasi tumbuhan dan hewan air. Tingkat kadar residu logam yang diakumulasi oleh organisme tesebut dapat untuk menggambarkan tingkat pencemaran air diperairan tersebut (Moore dan Rammamorthy 1984, dalam Trikarini, T. 2005).

Secara alamiah unsur atau senyawa logam berat terdapat dalam air, sedimen, dan organisme laut, namun kadarnya rendah. Pada kondisi ini unsur senyawa logam berat tidak bersifat racun. Sifat racun logam berat akan timbul bila kadarnya meningkat. Penigkatan kadar logam berat berkaitan erat dengan masuknya limbah yang mengandung logam berat. Umumnya limbah tersebut berasal dari aktifitas berbagai industri di darat (Hutagalung dan Sutomo 1996, dalam Trikarini, T. 2005).

Pencemaran yang dihasilkan dari logam berat sampai tingkat tertentu dapat mengganggu kesehatan manusia. Masalah yang dihasilkan dari logam berat ini cukup rumit, karena logam berat mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

a. Beracun.

b. Tidak dapat dirombak atau, dihancurkan oleh organisme hidup.

c. Dapat diakumulasi dalam tubuh organisme termasuk manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Menurut Murtopo (1989) logam berat berdasarkan sifat racunnya dapat di kelompokan menjadi empat golongan, yaitu:

1. Sangat beracun, dapat mengakibatkan kematian atau gangguan kesehatan yang pulih dalam waktu yang singkat. Logam - logam tersebut antara lain: Pb, Hg, Cd, Cr, As, Sb, Ti, dan U.
2. Moderat, yaitu mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang dapat pulih maupun yang tidak dapat pulih dalam waktu yang relatif lama. Logam - logam tersebut antar lain: Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Va, Co dan Rb.
3. Kurang beracun, logam ini dalam jumlah besar menimbulkan gangguan kesehatan. Logam - logam tersebut antara lain: Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ag, Ti dan Zn.
4. Tidak beracun, yaitu menimbulkan gangguan kesehatan seperti : Na, Al, Sr, dan Ca.

   (diambil dari Trikarini, T. 2005).

2.2 Merkuri (Hg)

Merkuri (Hg) menurut Moore adalah unsur renik pada kerak bumi, yakni hanya sekitar 0.08 mg/kg (Asriyati, D. 2006). Pada perairan alami, merkuri juga hanya ditemukan dalam jumlah yang sangat kecil. Merkuri merupakan satu - satunya logam yang berada dalam bentuk cairan pada suhu normal. Merkuri

terserap dalam bahan - bahan partikulat dan mengalami presipitasi. Pada dasar perairan anaerobik, Merkuri berkaitan dengan sulfur.

Sifat - sifat kimia dan fisika membuat logam tersebut banyak digunakan untuk keperluan kimia dan industri. Beberapa sifat tersebut diantaranya adalah :

1. Merkuri merupakan satu - satunya logam yang berbentuk cair pada suhu kamar (25^0 C) dan mempunyai titik beku rendah di banding logam lain, yaitu -39^0C.
2. Kisaran suhu dimana merkuri terdapat dalam bentuk cair sangat lebar, yaitu 396^0C, dan pada kisaran suhu ini merkuri mengembang secara merata.
3. Merkuri mempunyai volatilitas yang tertinggi dari semua logam.
4. Ketahanan listrik merkuri sangat rendah sehingga merupakan konduktor yang terbaik dari semua logam.
5. Banyak logam yang dapat larut dalam merkuri membentuk komponen yang disebut dengan amalgam.
6. Merkuri dan komponen-komponen bersifat racun terhadap semua mahluk hidup.

Merkuri (Hg) merupakan salah satu jenis logam berat berbahaya dan beracun yang sangat membahayakan bagi kehidupan baik manusia maupun mahluk hidup lainnya, karena efek negatif yang ditimbulkan sebagai akibat terkontaminasi merkuri bisa menyebabkan kematian.

2.3 Pencemaran Merkuri (Hg) di Lingkungan

Logam merkuri atau air raksa mempunyai nama kimia *hydragyrum*. Pada system periodic unsur-unsur kimia menempati (NA) 80 dan mempunyai bobot atom (BA 200,59) (Palar, 1994).

Disamping itu merkuri merupakan logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan. Diantara semua unsur logam, Merkuri (Hg) menduduki urutan pertama dalam hal sifat racunnya dibandingkan dengan logam berat lainnya, kemudian diikuti oleh logam berat lain seperti Pb, As, Cd, Cr dan Ni (Kristianto. 2002, dalam Trikarini. T, 2006).

Air buangan dari suatu laboratorium disinyalir juga mengandung Merkuri. Keadaan ini dimungkinkan karena terdapatnya senyawa Merkuri dalam reagen yang banyak dipakai di laboratorium - laboratorium (Palar, 1994).

Salah satu alternatif pengolahan limbah yang mengandung Merkuri (Hg) adalah dengan mengadsorb dan melewatkan limbah kedalam suatu media. Hal ini dilakukan dengan menggabungkan beberapa proses dalam satu kesatuan unit/ instalasi yang mempunyai tingkat removal yang cukup tinggi terhadap merkuri tersebut.

Menurut Moore kadar merkuri pada perairan air tawar alami berkisar antara 10 – 100 ng/Liter, sedangkan pada perairan laut berkisar antara < 10 -30 ng/Liter (Asriyati, D. 2006). Senyawa merkuri bersifat sangat toksik bagi manusia dan hewan. Garam - garam merkuri terserap dalam usus dan terakumulasi didalam ginjal dan hati. Metil merkuri diangkut oleh sel darah merah dan dapat mengakibatkan kerusakan pada otak. Ion metil merkuri lima puluh kali lebih

toksik daripada garam - garam merkuri anorganik. Senyawa merkuri mengalami masa tinggal (*retention time*) yang cukup lama di dalam tubuh manusia.

Kasus keracunan merkuri yang cukup terkenal adalah kasus yang terjadi di Teluk Minamata, Jepang pada tahun 1950-an. Industri kimia yang beroperasi di sekitar teluk Minamata membuang limbah yang mengandung merkuri ke perairan teluk dan menyebabkan ibu - ibu yang mengkonsumsi makanan laut (*sea food*) yang diperoleh dari Teluk Minamata melahirkan anak - anak dengan cacat bawaan, pada kasus tersebu dari 111 kasus keracunan yang terjadi, 42 orang meninggal (Sawyer dan McCarty dalam Asriyati, D. 2006). Senyawa ini sangat berimbas terhadap rantai makanan. Organisme yang berada pada rantai makanan yang teratas memiliki kadar merkuri yang lebih tinggi daripada mikroorganisme di bawahnya.

Untuk melindungi kehidupan manusia maupun makhluk hidup lainnya maka kadar merkuri yang diperbolehkan untuk air minum sebaiknya tidak melebihi 0.002 mg/Liter (Davis dan Cornwell dalam Trikarini,T. 2005).

2.4 Membran Keramik

Membran adalah lapisan penghalang selektif yang membiarkan lewat zat - zat tertentu dan mencegah lewatnya zat - zat yang lain.

Definisi :

- Membran: lapisan tipis yang memisahkan dua fase dan berlaku sebagai penghalang selektif untuk menyalurkan zat - zat.

- Operasi Membran, operasi yang terbagi dalam dua aliran pembuluh, permeasi dan retensi.

Klasifikasi membran dibagi menjadi 3 :

- Macrophores (Microfiltration) : > 50 nm, tekanan 0.01 – 0.5 MPA.
- Mesopores (Ultrafiltration): 2 > pore > 50 nm, tekanan 0.1 - 1 MPA.
- Micropores (Nanofiltration, Reverse Osmosis) : < 2 nm, tekanan 0,5 – 6 MPA.

Sedangakan jenis – jenis membran berdasarkan manfaatnya :

1. **Mikrofiltrasi (MF)**
   - Ukuran pasti pori-pori yang sebenarnya masih diperdebatkan.
   - Umumnya dapat menyaring partikel - partikel, koloid - koloid, mikroorganisme- mikroorganisme (termasuk bakteria 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).
2. **Ultrafiltrasi (UF)**
   - Proses penyaringan untuk pemisahan sebagai MF.
   - Tekanan sama dengan MF.
   - Perbedaan utama dengan MF: ukuran pori - pori (dimana MF> 0,1 micron).

- Untuk pemeliharaan air, UF digunakan sebagai operasi klarifikasi dan disinfeksi.
- Memusnahkan semua jenis bakteria dan virus.
- Tekanan pengoperasian: 50 hingga 500 Kpa.

3. 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.

4. Nanofiltrasi

(dikenal juga dengan RO bertekanan rendah)

- Terletak diantara RO dan UF dalam hal selektifitas.
- Pemusnahan ion-ion dan organisme - organisme multivalensi.

- 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

Proses penyaringan air (dalam penelitian ini adalah air limbah laboratorium) 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 laboratorium.

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 terbentuk 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.

Adsorbsi 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 sorbsi, baik adsorbsi sebagai sorbsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorbsi. Adapun adsorbsi dapat dikelompokan menjadi dua:

a. Adsorbsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya van der walls 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 teradsorbsi diatas permukaan adsorben.
b. Adsorbsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak - balik.

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

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

1. Transfer molekul - molekul adsorbad menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbad melalui lapisan film (*film diffusin proces*).
3. Difusi adsorbad melalui kapiler atau pori - pori dalam adsorben (*pore diffusion*).
4. Adsorbsi adsorbat pada dinding kapiler atau permukaan adsorben (proses adsorbsi 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 adsorbsi sangat mempengaruhi sorbsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorbsi misalnya:

bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorbsi.

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorbsi, yaitu :

1. Luas permukaan adsorben.

   Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorbsi 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 adsorbsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglous dalam Nutayla, N. 2006).

3. Waktu kontak

   Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorbsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat - zat organik akan turun apabila waktu kontaknya 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.

2.4.1 Keramik

Keramik berasal dari bahasa Yunani "Keramos" yang berarti periuk atau belangga yang dibuat dari tanah (Astuti dalam Rozalina, C. 2006). 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 terbuat 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.

2.4.2 Bahan Baku Keramik

Bahan baku untuk produk – produk keramik berupa bahan alami yaitu bahan - bahan asli yang berasal dari alam dan belum mengalami proses pengolahan oleh manusia. Bahan pembuat keramik berupa bahan plastis dan bahan non plastis. Yang termasuk bahan plastis antara lain adalah Kaolin, Ball clay (tanah bola), Stone ware clay (tanah benda batu), Earthen ware clay (tanah batu merah), Fire clay (tanah api) dan bentonit, sedangkan bahan non plastis antara lain Silika (SiO_2) disebut juga glass former, Flint (SiO_2), Fedspar ($KNaO.Al_2O_3.6SiO_2$), Kapur/ Calcite dan Magnesit (CaO dan MgO), Aluminium (Al_2O_3), Talk ($3MgO.4SiO_2.H_2O$) chamotte atau Grog, Cornwall stone, Nepheline syenite ($KNaO.Al_2O_3.4SiO_2$), Ptalite/Lithium feldspat ($Li_2O_2.Al_2O_3.8SiO_2$), dan Stone ash/ Calcium phosphate ($Ca_3(PO4)_2$). Dalam penelitian ini bahan baku keramik terdiri dari komposisi tanah lempung (liat) lokal, pasir kuarsa 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 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 tentrahendra (berisi empat) terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silicon. Kombinasi dari unit-unit silica tetrahendra membentuk lembaran silica *(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 tentrahendra dan satu lapisan aluminium oktahedra).

      i. Ekuidimensional

         Kelompok kaolinite : kaolinite, nactrite, dictrite

      ii. Memanjang

         Kelompok halloysite

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

      i. Kisi yang mengembang

         - Ekuidimensional

           Kelompok montmorillonite : montmoriloni, saukonit, vermikulit

         - Memanjang

           Kelompok montmoriloni : nontronit, saonit, hektrorit

      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 miselaneous : 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. *Thixoptropy*

   Thixoptropy 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, sedangakan pemanasan pada suhu 400 - 900° C air akan meloncat ke atas dari kisi - kisi sebagai kelompok OH dan struktur kristal akan terhancurkan sebagian atau terubah.

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 menetralisir,

artinya dengan mudah digantikan oleh anion dan kation lain saat kontak dengan ion - ion lain pada larutan yang encer (Olphen dalam Nutayla, N. 2006).

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 dalam Nutayla, N. 2006).

   b. Kandungan air yang tinggi (sifat lempung koloid)

      Pengembangan osmosis pada ruang antar lapisan relatif besar diperlihatkan oleh bentuk pertukaran Na^+ dan Li^+ pada montmorilonit yang dapat dijelaskan dari teori lapisan ganda elektris. Dasarnya adalah lapisan lempung berharga negatif menyebabkan penarikan kation dan penolakan anion (Olphen, dalam Nutayla, N. 2006).

   c. Interaksi dengan bahan organik

      Beberapa molekul oraganik 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 *exhangable cation* (ion - ion posif yang mudah diganti) lempung tersebut dan terikat pada partikel oleh gaya tarik menarik elektristik. Bila air kemudian ditambahkan pada lempung tersebut, kation - kation dan sejumlah kecil anion - anion (ion – ion bermutan 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 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 dalam Rozalina, C. 2006).

Banyaknya ruang kosong di dalam tanah pula pada butir - butir, semakin besar butir - butir semakin besar pula kadar ruang pori demikan pula sebaliknya (Kartasapoetra, dalam Rozalina, C. 2006). Menurut Sarwo Hardjowigeno udara dan air mengisi pori-pori tanah. Banyaknya pori - pori ± 50% dari volume tanah, sedangkan jumlah air dan udara berubah - ubah (Rozalina, C. 2006)

7. Pasir Kuarsa

Dalam penelitian ini pasir kuarsa digunakan sebagai komposisi campuran dalam pembuatan reaktor 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 (empat) 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 3 (tiga) macam.

d. Susunan kimia, beberapa senyawa kimia yang perlu diperhatikan dalam pasir kuarsa adalah SiO_2, Na_2O, CaO, Fe_2O_3. Kandungan SiO_2 dipilih setinggi mungkin dan

kandungan senyawa yang lain serendah mungkin. Makin tinggi kandungan SiO2 makin tinggi daya penyerapannya. Secara umum pasir kuarsa Indonesia mempunyai komposisi :

a. SiO_2 : 35.50 - 99.85 %

b. Fe_2O_3 : 0.01 – 9.14 %

c. $Al2O_3$: 0.01 – 18.00 %

d. 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 (Supraptono, dalam Rozalina, C, 2006).

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

Tabel 2.1 Macam dan perkiraan jumlah limbah serbuk gergaji di Kalimantan Timur

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

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

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

Tabel 2.2 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 Supraptono dkk, Lemlit Unmul 1995.

Pada penelitian ini dipilih serbuk gergaji yang berasal dari kayu kelapa, karena mudah didapat di alam.

2.4.3 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 struktural keramik dengan produk seperti keramik nuklir, serat kaca, dan busi dan fungsional keramik dengan produk seperti kapasitor, keramik 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, rubbermuld pressing, extrusion molding, slip testing* dan *injection molding (*Ichinose, dalam Nutayla, N. 2006). *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 bisa dihilangkan melalui pembakaran. Tujuan dari pembakaran adalah untuk memberikan 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 diangin-anginkan, dipanaskan dalam alat khusus dan membungkus benda dengan kain yang agak basah (Astuti, dalam Rozalina, C. 2006). 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 Si_3N_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 seprti *Hot Isolatic Press* (HIP), *atmospheric pressure sintering, Ultra high pressure sintering, Post reaction sintering* dan *recrystallization sintering* (Ichinose, dalam Nutayla, N. 2006)..

Dalam proses pembakaran, jenis air yang harus dihilangkan adalah air suspensi, air antar partikel, air pori antar partikel setelah pengerutan, air terserap (*adsorbsi*) pda partikel dan air kisi dalam struktur kristalnya (Hartono, dalam Aminati, K. 2006)..

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 organis 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 organis dan unsur karbon akan terbakar habis.

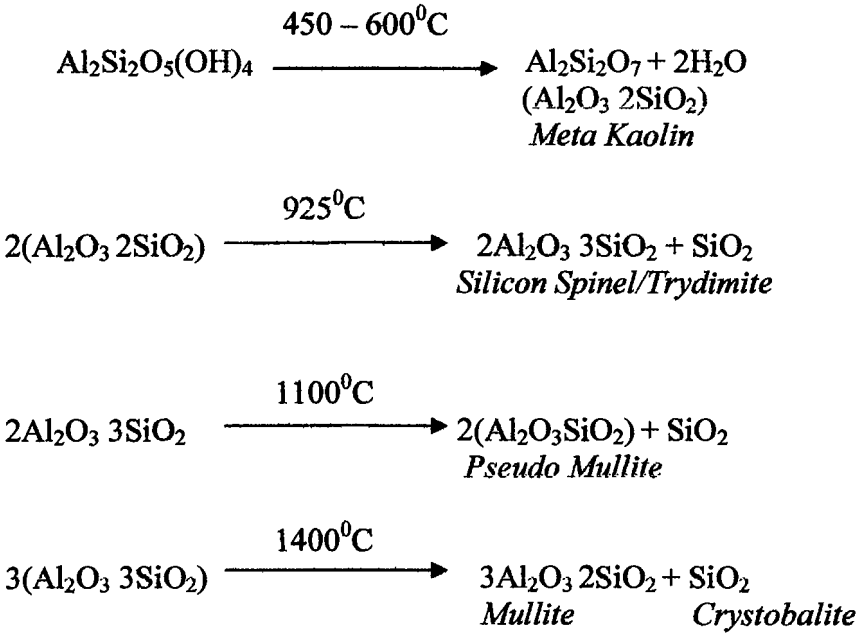
2) Tahap penggelasan

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, dalam Rozalina, C. 2006). Untuk tungku bakar yang bagus disediakan fasilitas pendingin dengan mengalirkan udara.

Proses perubahan bentonit alam dalam pembakaran :



Gambar 2.1 Proses Perubahan Bentomit Alam Dalam Pembakaran (Meda Sagala, dalam Nasution, D, A. 2006).

Perubahan komposisi kaolin dalam pembakaran adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 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 $Al_2O_3\ 2SiO_2\ 2H_2O \rightarrow Al2O_3\ 2SiO_2 + 2H_2O$
850 – 1050°C	- Terjadi reaksi eksoternal ketika terjadi reaksi peruraian keseimbangan (disosias) membentuk Mullite dan Trydimite $3Al_2O_32SiO_2 \rightarrow 3AlO_32SiO_2$ (amorph) + $4SiO_2$ (trydimate)
1350°C	- Kristalisasi awal dari mineral Mullite ($3Al_2O_32SiO_2$)
1470°C	- Tyrdimite berubah menjadi Crystobalite stabil (SiO_2)
1470 + 1790°C	- Keseimbangan Mullite-Crystobalit
+ 2000°C	- Melebur

2.5 Hipotesa

Terjadi penurunan kandungan Merkuri (Hg) setelah melalui proses filtrasi dengan menggunakan membran keramik.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

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

3.2 Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini dalah Merkuri (Hg) yang berasal dari laboratorium Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.3 Lokasi Penelitian

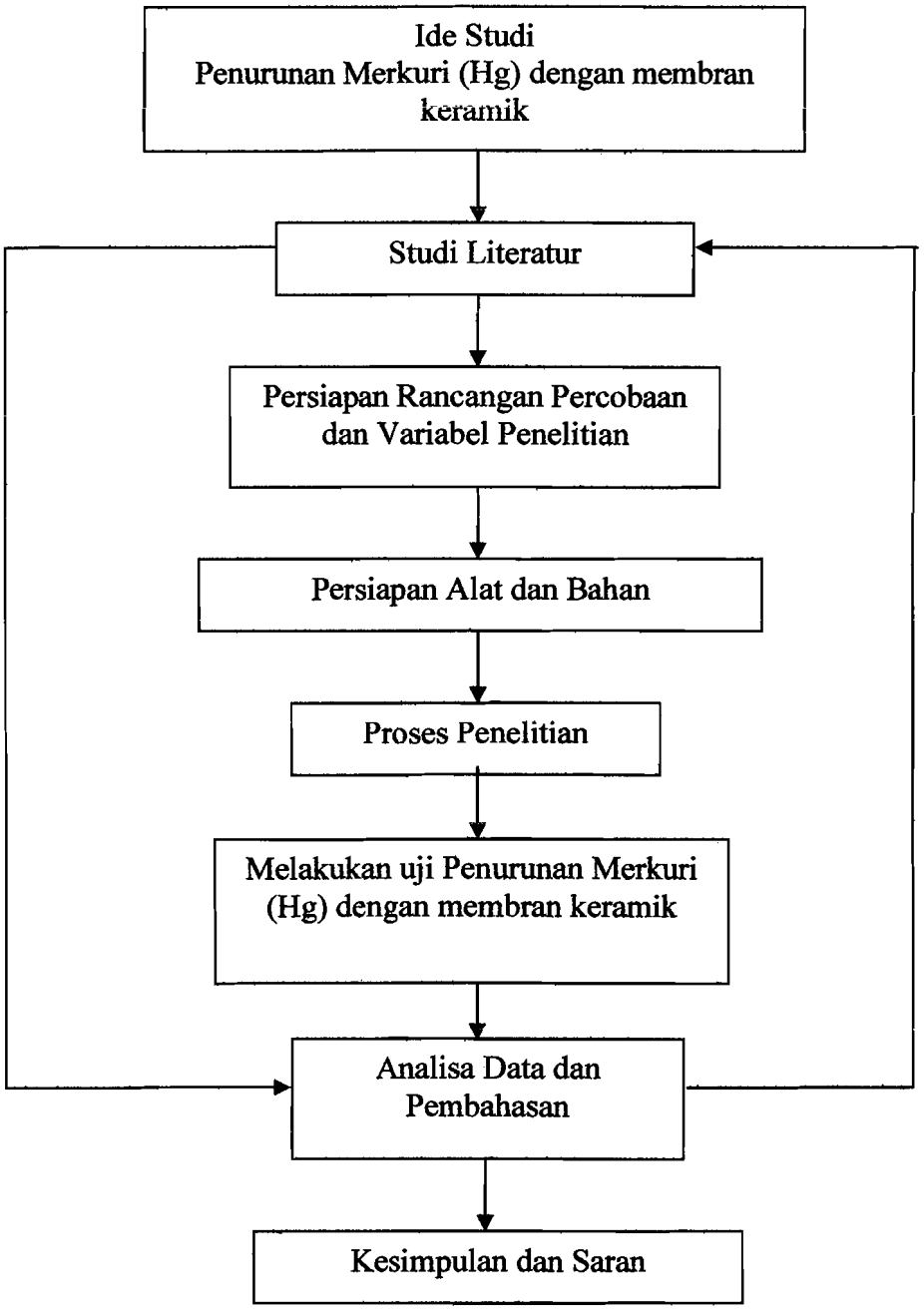
Lokasi pengambilan sampel adalah di laboratorium Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta dan sebagai tempat analisa sampel yaitu di Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (BPKL), Yogyakarta.

3.4 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Juli - Oktober 2006 yang dilanjutkan dengan pengolahan data, penyusunan data dan penyusunan skripsi.

3.5 Metode Penelitian

Metodologi penelitian dalam kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada diagram penelitian yaitu pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.6 Parameter dan Variabel Penelitian

3.6.1 Parameter Penelitian

Pada penelitian ini parameter yang dianalisa adalah Merkuri (Hg) dengan menggunakan metode uji SNI M – 31 -19990 – 03.

3.6.1 Variabel Penelitian

1.Variabel bebas (*Independent Variable*)

- Variasi komposisi serbuk gergaji 5 %, 7,5 % dan 10 % dalam menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg).
- Tinggi membran keramik 12,5 cm.
- Diameter atas membran keramik 5 cm.
- Diameter bawah membran keramik 9 cm.
- Variasi waktu untuk menghitung laju penurunan Merkuri (Hg).

2.Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Parameter yang diteliti adalah Merkuri (Hg).

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 dalam yang digunakan dalam penelitian :

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 ¾ " 2 buah
f. Pompa
g. Bak penampung (ember)
h. Botol sampel air limbah

3.8 Cara Kerja

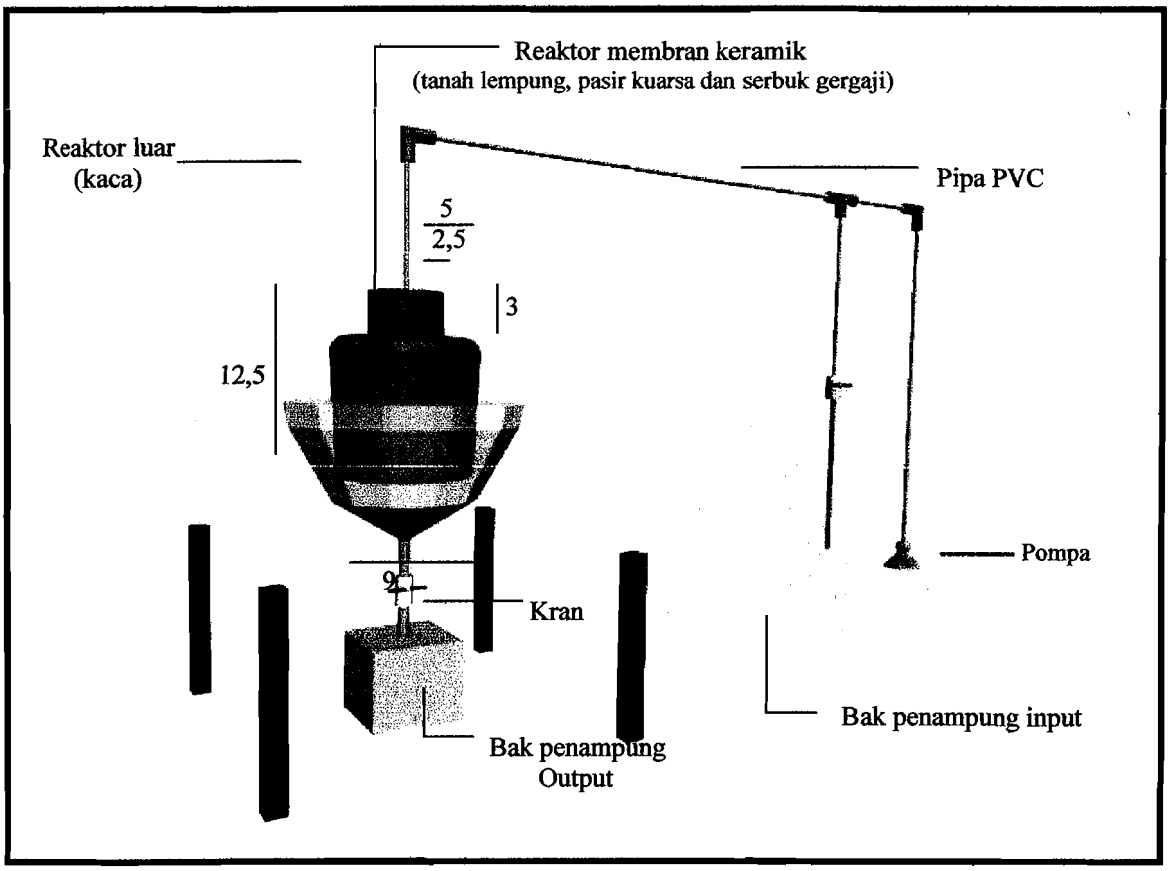
3.8.1 Desain reaktor

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

   Serubuk gergaji diambil dari sisa penggergajian dengan penggunaan mesin listrik, yang berukuran sekitar ≥ 50 mesh. Untuk disaring dengan ayakan.



Gambar 3.2 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 Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (BPKL).

3.9 Analisa Laboratorium

Effluent hasil penyaringan dianalisa di Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (BPKL), Yogyakarta mengunakan metode titrimetri untuk Merkuri (Hg) dengan menggunakan SNI M – 31 -19990 - 03.

3.10 Analisis Data

Data hasil percobaan akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar Merkuri (Hg) pada air limbah laboratorium dalam penelitian ini digunakan formula sebagai berikut :

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

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 rataan tetapi variannya tidak diketahui.

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

Langkah 1. Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat :

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

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

Langkah 2. Membuat Ha dan Ho model statistik :

Ha : $\mu_1 \neq \mu_2$

Ho : $\mu_1 = \mu_2$

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 (α)

- Dengan menggunakan humus 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 Ho diterima dan Ha ditolak.

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

Langkah 7. Membuat Kesimpulan



BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

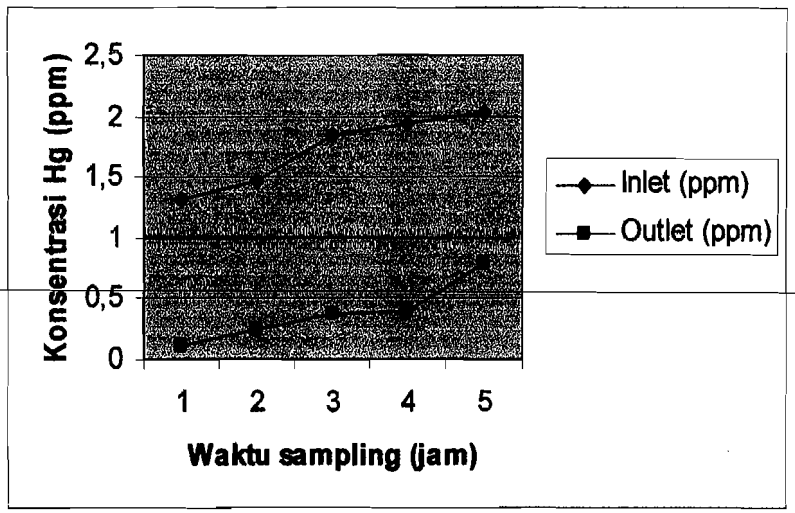
4.1 Hasil Penelitian Parameter Merkuri (Hg)

Berikut adalah hasil pengukuran dan grafik konsentrasi Merkuri (Hg) didalam reaktor membran keramik dengan variasi serbuk gergaji.

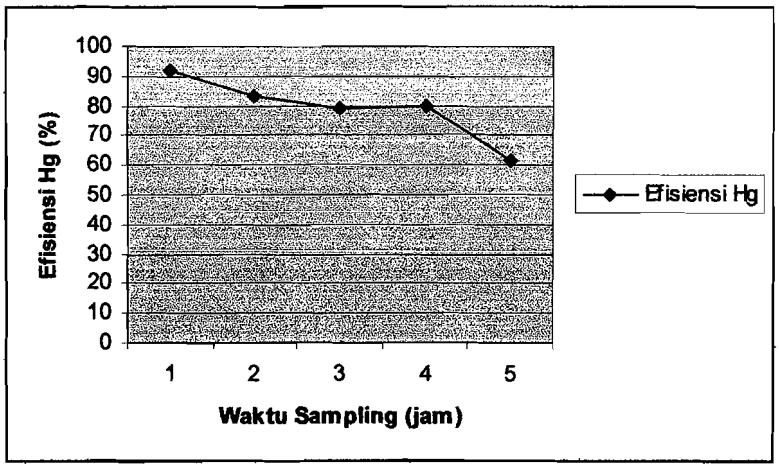
a. Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %

Tabel 4.1 Data Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 7,5 %

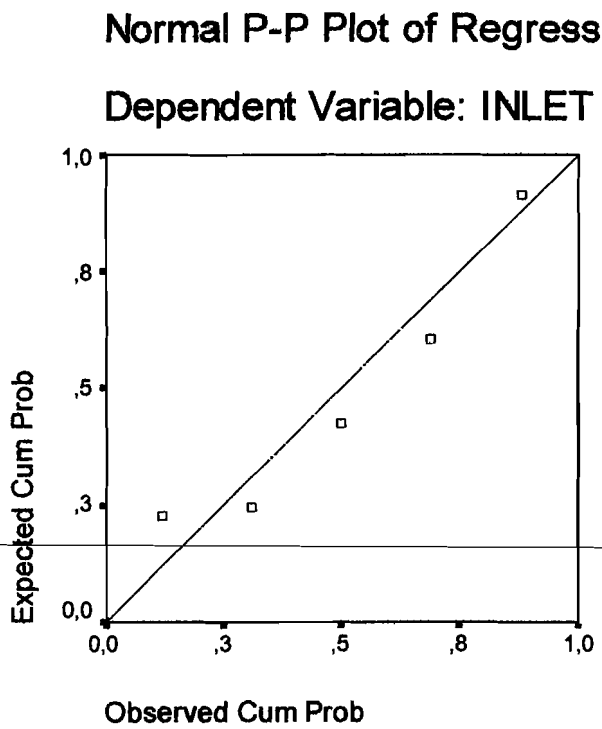
Waktu (jam)	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)	Efisiensi (%)
1	1,318	0,107	91,8816
2	1,459	0,248	83,0021
3	1,842	0,383	79,2074
4	1,935	0,395	79,5866
5	2,039	0,792	61,1574



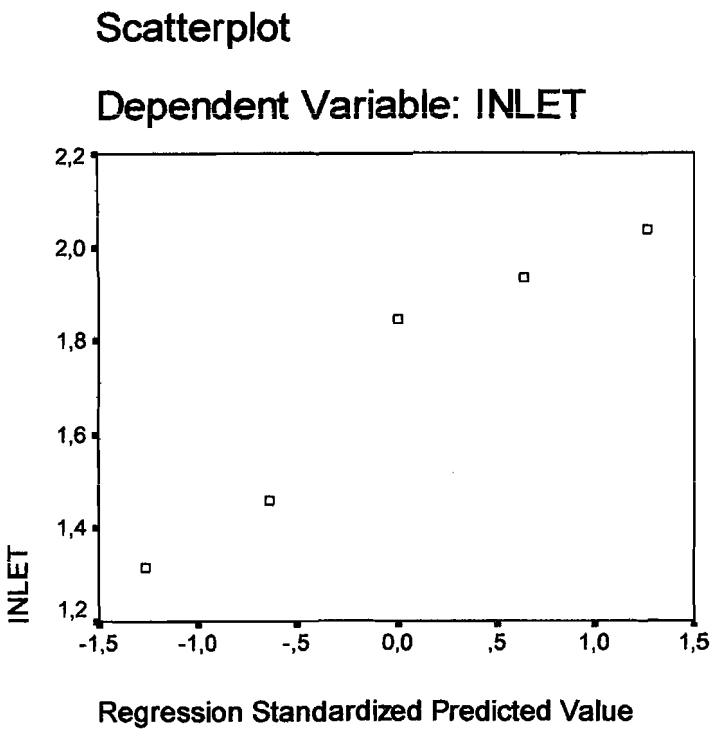
Gambar 4.1 Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 7,5 %



Gambar 4.2 Efisiensi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 7,5 %



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



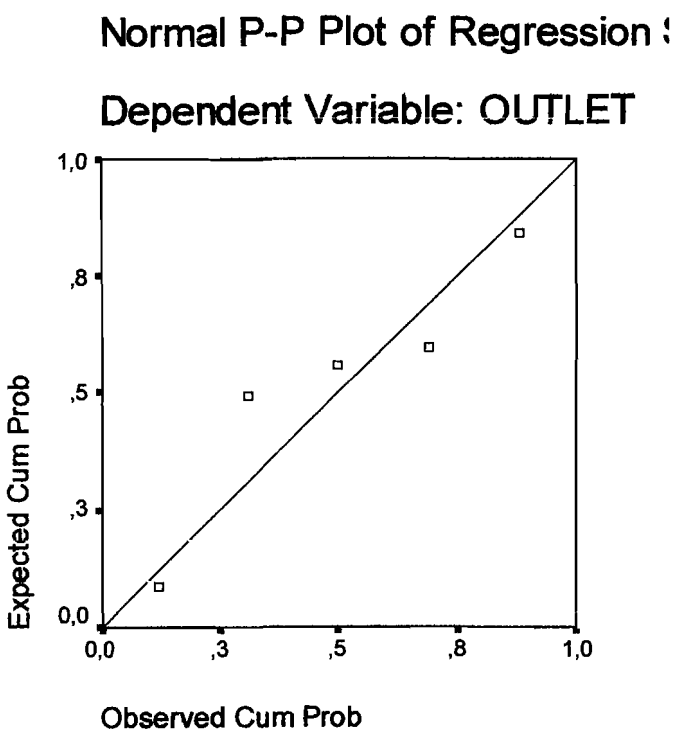
Gambar 4.4 Dependent Variable Inlet pada Membran Keramik 7,5 %

Tabel 4.2 Data Koefisien Pada Inlet 7,5 %

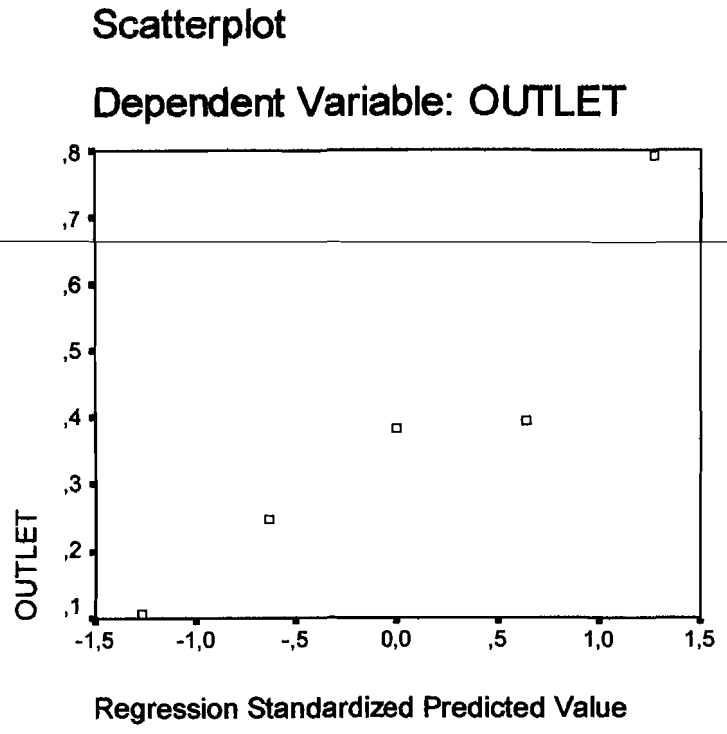
Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,143	,095		12,010	,001
	WAKTU	,192	,029	,968	6,683	,007

a. Dependent Variable: INLET



Gambar 4.5 Regresi LinierOutlet pada Membran Keramik 7,5 %



Gambar 4.6 Dependent Variable Outlet pada Membran Keramik 7,5 %

Tabel 4.3 Data Koefisien Pada Outlet 7,5 %

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-7,01E-02	,108		-,650	,562
	WAKTU	,152	,032	,938	4,668	,019

a. Dependent Variable: OUTLET

Adapun hasil pengujian konsentrasi Hg dapat dilihat. Pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2, efisiensi dari penggunaan membran keramik 7,5 % dalam menurunkan konsentrasi Hg berturut-turut per 1 jam dalam waktu 5 jam yaitu 91,8816 %, 83,0021 %, 79,2074 %, 79,5866, 61,1574 %. Dari hasil yang didapatkan untuk penurunan konsentrasi Hg dapat dikatakan bahwa efisiensinya mengalami penurunan dimana efisiensi yang terbesar terjadi pada waktu jam ke 1 yaitu sebesar 91,8816 %. Pada uji regrenasi 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 ouletnya sebagai berikut :

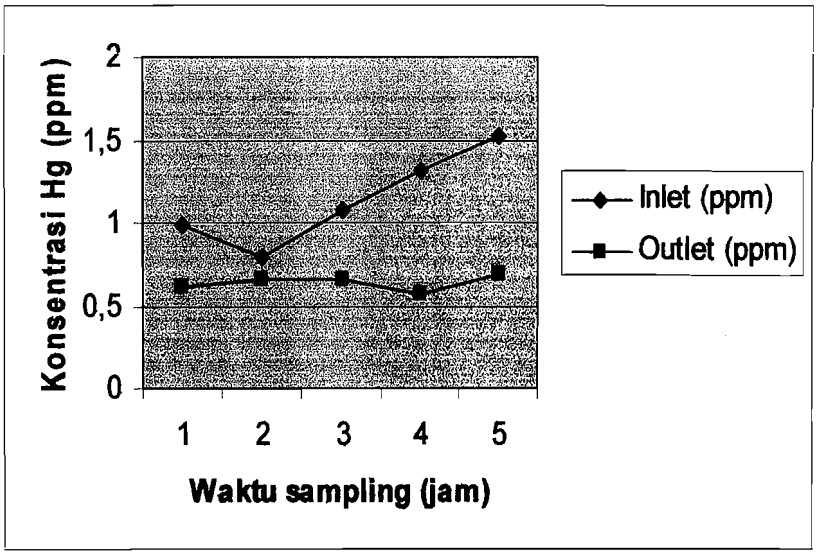
- $Y = 1{,}142 + 0{,}192\ X$
- $Y = -7{,}01 * 10^{-2} + 0{,}152\ X$

Persamaan ini didapat dari nilai B pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, sedangkan nilai X adalah variasi waktu untu mendapatkan nilai dari titik jenuh pada membran keramik.

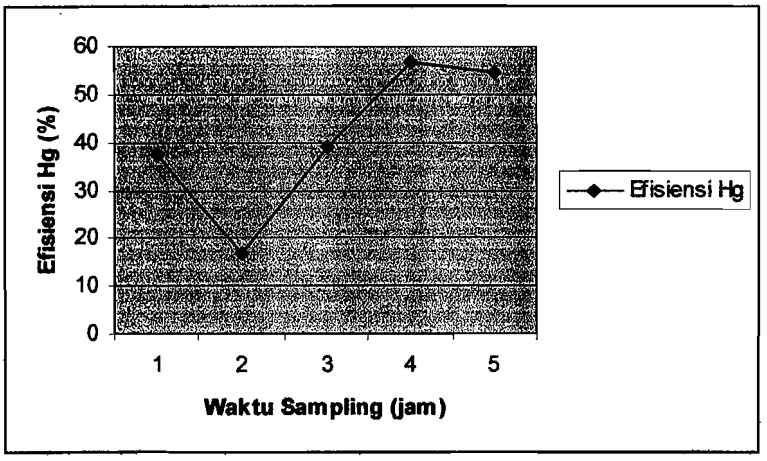
b. Membran Keramik dengan Komposisi Serbuk Gergaji 10 %

Tabel 4.4 Data Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 10 %

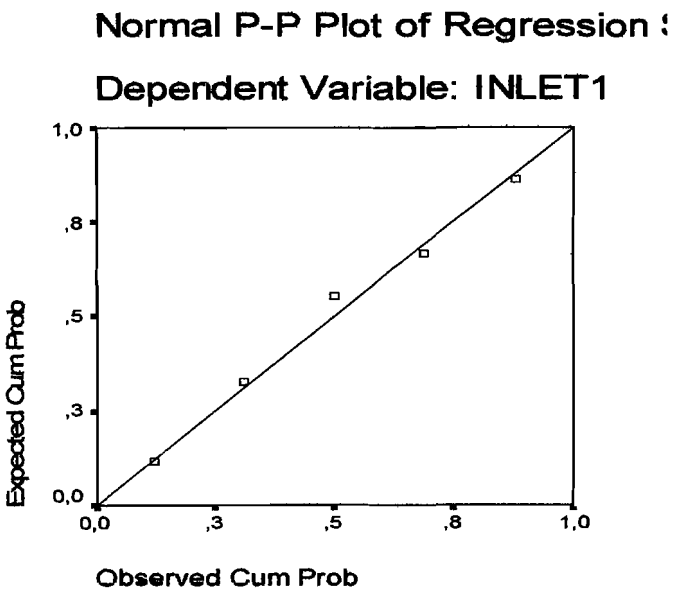
Waktu (jam)	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)	Efisiensi (%)
1	0,978	0,611	37,5256
2	0,793	0,661	16,6456
3	1,068	0,65	39,1386
4	1,318	0,572	56,6009
5	1,524	0,693	54,5276



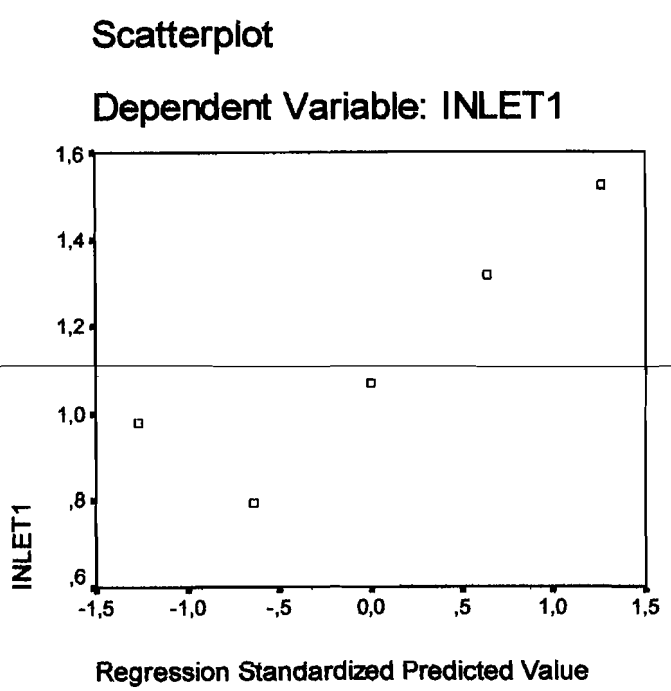
Gambar 4.7 Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 10 %



Gambar 4.8 Efisiensi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 10 %



Gambar 4.9 Regresi Linier Inlet pada Membran Keramik 10 %



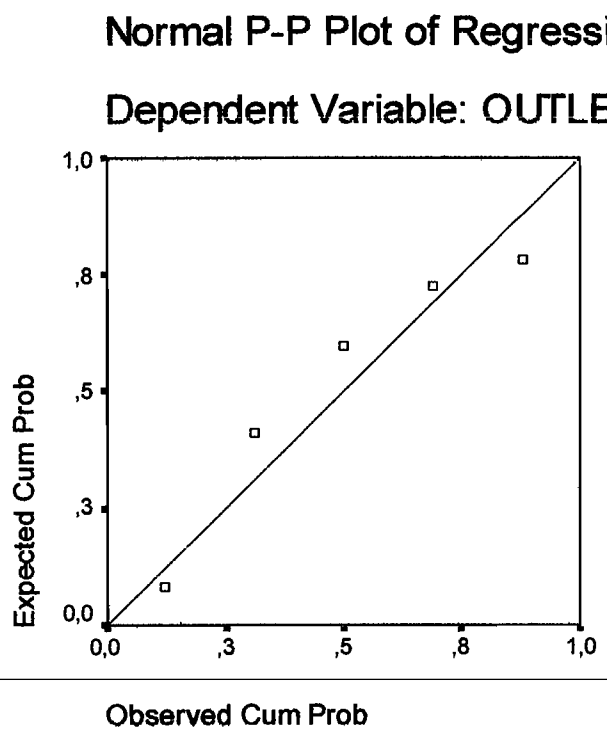
Gambar 4.10 Dependent Variable Inlet pada Membran Keramik 10 %

Tabel 4.5 Data Koefisien Pada Inlet 10 %

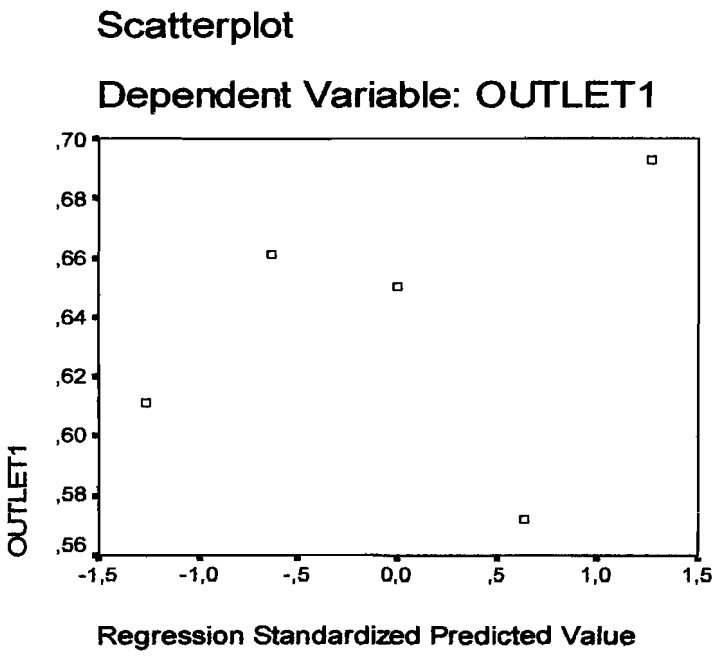
Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,651	,160		4,081	,027
	WAKTU1	,162	,048	,889	3,361	,044

a. Dependent Variable: INLET1



Gambar 4.11 Regresi Linier Outlet pada Membran Keramik 10 %



Gambar 4.12 Dependent Variable Outlet pada Membran Keramik 10 %

Tabel 4.6 Data Koefisien Pada Outlet 10 %

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,615	,055		11,201	,002
	WAKTU1	7,500E-03	,017	,253	,453	,681

a. Dependent Variable: OUTLET1

Sedangkan untuk hasil pengujian untuk komposisi serbuk gergaji 10 % dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.8, efisiensi dari penggunaan membran keramik 10 % dalm menurunkan konsentrasi Hg berturut-turut per 1 jam yaitu dalm waktu 5 jam yaitu 37,5256 %, 16,6456 %, 39,1386 %, 56,6009 %, 54,5276 %. Dari hasil yang didapatkan untuk penurunan konsentrasi Hg dapat dikatakan bahwa efisiensinya mengalami penurunan pada jam ke-2 dan kembali naik di jam

berikutnya dimana efisiensi yang terbesar terjadi pada waktu jam ke 4 yaitu sebesar 56,6009 %. Pada uji regrenasi 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 ouletnya sebagai berikut :

- $Y = 0{,}651 + 0{,}162\ X$
- $Y = 0{,}615 + 7{,}5*10^{-3}\ X$

Persamaan ini didapat dari nilai B pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6, sedangkan nilai X adalah variasi waktu untu mendapatkan nilai dari titik jenuh yang ingin diketahui pada membran keramik dengan komposisi serbuk gergaji 10 %.

4.2 Analisa Data Merkuri (Hg)

4.2.1 T-Test untuk Analisa Merkuri pada Komposisi Serbuk Gergaji 7,5 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata : $\bar{x}_1 = 1{,}7186$

$\bar{x}_2 - 0{,}385$

Standar deviasi : $s_1 = 0{,}3132831$

$s_2 = 0{,}2558349$

Varians : $S_1 = 0{,}0981463$

$S_2 = 0{,}0654515$

Korelasi : $r_1 = 0{,}87104288$

$t_{hitung} = 2{,}0810$

Dengan $\alpha = 0.05$, dk = n1 + n2 – 2 = 5 + 5 - 2 = 8

Sehingga diperoleh t tabel = 1,860

Dengan membandingkan t tabel dengan t hitung, ternyata -t tabel ≤ t hitung ≥ + t tabel, atau -1,860 < 2,0810 > 1,860, maka Ho ditolak dan Ha diterima.

Sehingga dapat disimpulkan, bahwa terjadi perbedaan konsentrasi Merkuri (Hg) yang signifikan antara inlet dan outlet pada limbah laboratorium, ini berdasarkan bahwa nilai t hitung lebih besar daripada nilai t tabel (2,0810>1,860).

4.2.2 T-Test untuk Analisa Merkuri pada Komposisi Serbuk Gergaji 10 %

Dari hasil perhitungan menggunakan excel, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	:	$\bar{x}_1$	= 1,1362
		$\bar{x}_2$	= 0,6374
Standar deviasi	:	s_1	= 0,28762163
		s_2	= 0,04685403
Varians	:	S_1	= 0,0827262
		S_2	= 0,0021953
Korelasi	:	r_1	= 0,09070785

t_{hitung} = 4,1277

Dengan $\alpha = 0.05$, dk = n1 + n2 – 2 = 5+ 5 - 2 = 8

Sehingga diperoleh t tabel = 1,860

Dengan membandingkan t tabel dengan t hitung, ternyata -t tabel ≤ t hitung ≥ + t tabel, atau -1,860 < 4,1277 > 1,860, maka Ho ditolak dan Ha diterima.

Sehingga dapat disimpulkan, terjadi perbedaan yang cukup signifikan pada konsentrsi Merkuri (Hg) di antara inlet dan outlet pada membran keramik dengan

komposisi serbuk gergaji 10 %, ini berdasarkan bahwa nilai t hitung lebih besar bila dibandingkan dengan nilai t tabel (4,1277>1,860).

Hasil uji t-test yang terdapat diatas tadi akan dibandingkan dengan uji t-test dengan SPSS

Tabel 4.7 Uji Korelasi

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	INLET75 & OUTLET75	5	,871	,055
Pair 2	INLET10 & OUTLET10	5	,091	,885

Pada Tabel 4.3 diapatkan hasil bahwa pada pada komposisi serbuk gergaji 7,5 % didapatkan korelasi 0,871 dan pada 10 % didapatkan korelasi 0,091, data – data tersebut menunjukkan pada membran keramik 7,5 % terdapat hubungan antara inlet dan outlet yang bagus karena nilai korelasinya mendekati 1, sedangkan untuk membran keramik 10 % walaupun nilai untuk korelasinya masih berada dalam range antara 0 dan 1, tetapi nilainya mendekati 0, ini menunjukkan bahwa hampir tidak ada hubungan antar inlet dan outletnya.

Tabel 4.8 Uji Detail

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 INLET75 - OUTLE	1,33360	,154828	,069241	1,14136	1,52584	19,260	4	,000
Pair 2 INLET10 - OUTLE	,49880	,287188	,128434	,14221	,85539	3,884	4	,018

Pada Tabel 4.4 dilakukan uji detail dengan keakuratan 95 %, dimana bila nilai signifikasi kurang dari 0,05 Ho ditolak atau berdasarkan hasil perhitungan didapat pada 7,5 % nilainya 0,00 dan pada 10 % dadapat 0,018 dari kedua nilai

signifikasi tersebut kurang dari 0.05, hal ini berarti bahwa untuk kedua variabel yang dibandingkan terdapat perbedaan.

Tabel 4.9 Uji Tukey

Multiple Comparisons

Dependent Variable: NILAI

Tukey HSD

(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1,00	2,00	,1175	,61349	1,000	-2,3435	2,5785
	3,00	-,1495	,61349	,999	-2,6105	2,3115
	4,00	-,3540	,61349	,973	-2,8150	2,1070
	5,00	-,2500	,61349	,992	-2,7110	2,2110
2,00	1,00	-,1175	,61349	1,000	-2,5785	2,3435
	3,00	-,2670	,61349	,990	-2,7280	2,1940
	4,00	-,4715	,61349	,930	-2,9325	1,9895
	5,00	-,3675	,61349	,969	-2,8285	2,0935
3,00	1,00	,1495	,61349	,999	-2,3115	2,6105
	2,00	,2670	,61349	,990	-2,1940	2,7280
	4,00	-,2045	,61349	,996	-2,6655	2,2565
	5,00	-,1005	,61349	1,000	-2,5615	2,3605
4,00	1,00	,3540	,61349	,973	-2,1070	2,8150
	2,00	,4715	,61349	,930	-1,9895	2,9325
	3,00	,2045	,61349	,996	-2,2565	2,6655
	5,00	,1040	,61349	1,000	-2,3570	2,5650
5,00	1,00	,2500	,61349	,992	-2,2110	2,7110
	2,00	,3675	,61349	,969	-2,0935	2,8285
	3,00	,1005	,61349	1,000	-2,3605	2,5615
	4,00	-,1040	,61349	1,000	-2,5650	2,3570

Pada Tabel 4.5 dilakukan perhitungan dengan uji Tukey atau uji perbandingan ganda untuk mengetahui pada komposisi dan pada waktu keberapa yang paling optimum untuk menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada limbah cair laboratorium, tetapi karena data yang ada terlalu sedikit sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan perhitungan pertiap komposisi serbuk gergaji oleh sebab itu dilakukan perhitungan secara umum dengan menyatukan data pada

membran keramik 7,5 % dengan membran keramik 10 %. Dari Tabel 4.9 diperoleh kesimpulan bahwa, jam ke-2<jam ke-1<jam ke-3<jam ke-5<jam ke-4, sehingga didapat waktu yang paling optimum untuk menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada jam ke-4 pada komposisi sebuk gergaji 7,5 % dan 10 %.

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 bahwa bila dibandingkan dengan uji t-test pada program excel menunjukkan kesimpulan yang sama.

4.3 Pembahasan Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Membran Keramik

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadinya penurunan kadar Hg yang bervariasi pada limbah laboratorium, setelah pengolahan dengan menggunakan membran keramik terjadi penurunan kadar konsentrasi Hg, walaupun masih melebihi persyaratan ambang batas menurut peraturan pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air untuk parameter Hg kelas II sebesar 0,002 mg/L yang terkandung dalam air limbah laboratorium.

Dipilihnya komposisi sebuk gergaji 7,5 % dan 10 % karena dari penelitian sebelumnya menunjukkan penurunan yang signifikan dari konsentrasi pada beberapa parameter, teapi karena belum ada pengolahan dari sumber air limbah laboratorium karena itu digunakanlah komposisi ini, sedangakan untuk variasi waktu yang digunakan dianggap cukup untuk mewakili sampel percobaan yang ingin di uji.

Ukuran partikel dari Merkuri (Hg), 3 x 10^{-4} mikron yang lebih kecil dari pada pori-pori 34,4026 x 10^{-4} mikron pada 7,5 % dan 3 3,8918 x 10^{-4} mikron pada 10 % menyebabkan partikel akan lolos pada saat penyaringan akan tetapi adanya proses adorbsi menyebabkan partikel diserap oleh membran keramik sehingga partikel akan menempel pada dinding keramik. Bilamana adsorban dibiarkan berkontak dengan suatu larutan, pada penelitian ini membran keramik sebagai adsorban dan limbah labortorium sebagai adsorbat, maka jumlah partikel yang diadsorbsi pada permukaan adsorban akan meningkat sehingga konsentrasi merkuri di outlet menjadi menurun, karena sifat dari logam merkuri yang bermuatan positif sehingga terjadi gaya tarik – menarik dengan bahan dasar keramik yaitu mineral lempung, senyawa aluminium silikat yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu tetrahedral dan aluminium oktahendra yang bermuatan negatif. Pengembangan osmosis pada ruang antar lapisan relatif besar diperlihatkan oleh bentuk pertukaran Hg^{+} dan Hg^{2+} pada montmorilonit yang dapat dijelaskan dari teori lapisan ganda elektris. Dasarnya adalah lapisan lempung berharga negatif menyebabkan penarikan kation dan penolakan anion, sehingga dapat terserap pada dinding keramik.

Adanya peningkatan pada konsentrasi outlet setiap jam dipengaruhi meningkatnya konsentrasi setiap jam pada inlet dan selain itu interaksi persaingan antara adsorbate yang berbeda – beda (COD, warna, logam berat, campuran organik, dll) akan mengurangi kapasitas penyarapan dari adsorben (K. Vasanth Kumar dkk dalam Trikarini, T. 2005). Ukuran molekulnya juga berbeda – beda. Pada situasi ini akan memperburuk penyaringan molekul karena molekul yang

lebih besar akan menutup pori sehingga mencegah jalannya masuknya molekul yang lebih kecil (Trikarini, T. 2005) Selain itu dalam proses adsorpsi perlu diperhatikan komposisi ion dan pengaruh elektrolit lain yang terdapat dalam air limbah. Kehadiran logam pada limbah juga mempunyai pengaruh besar terhadap adsorpsi bahan organik, karena ion logam bermuatan positif pada permukaan membran akan meningkatkan energi atraksi (Cheremisinoof, dalam Trikarini,T. 2005). Proses adsorbsi Merkuri (Hg) perlu diperhatikan komposisi ion Pb(II) dan Cu(II) serta pengaruh elektrolit lain yang terdapat dalam air limbah (Goel J,2004 dalam Trikarini,T. 2005). Pengukuran pH untuk penelitian selanjutnya sangat diperlukan karena dengan adanya pengujian terhadap nilai pH menurut Wehman, kapasitas penyerapan merkuri akan meningkat ketika pH menurun dari 9-2 (Cheremissinoff, dalam Trikarini, T. 2005).

Daya adsorbsi molekul dari suatu adsorbat akan meningkat apabila waktu kontaknya dengan membran keramik lama. Makin lama waktu kontaknya akan memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik sehingga dapat menyebabkan penurunan pada konsentrasi Merkuri (Hg). Disamping itu, proses adsorbsi yang terjadi dipengaruhi oleh bahan penyerap (adsorben). 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. Kesetimbangan adsorbsi akan tercapai bilamana jumlah molekul yang meninggalkan permukaan adsorban sama

dengan jumlah molekul yang diadsorbsi pada permukaan adsorban. Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap (adsorban), 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 adsorbsi sangat mempengaruhi proses adsorbsi dan juga mempengaruhi kapasitas adsorbsi.

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorbsi, yaitu:

1. Luas permukaan adsorben.

   Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorbsi 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 adsorbsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglous, dalam Nutayla, N. 2005)

3. Waktu kontak

   Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorbsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

Konsentrasi zat - zat organik akan turun apabila waktu kontaknya 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.

Penurunan konsentrasi Merkuri (Hg) pada membran keramik komposisi serbuk gergaji 7,5 dan 10 % untuk mendapatkan waktu jenuh pada kedua komposisi, dengan menggynakan metode SPSS dengan uji Regresi linier didapakan hasil pada kedua komposisi menunjukkan trend yang dihasilkan dari Gambar 4.3, Gambar 4.5, Gambar 4.9, dan Gambar 4.11 adanya kecenderungan untuk naik dan berdasarkan pada Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 menunjukkan dari nilai persamaan yang ada didapatkan bahwa tidak ditemukan titik jenuh pada komposisi serbuk gergaji 7,5 % maupun kamposisi yang 10 % disebabkan kurangnya data yang ada penelitian ini, karena itu perlu pada penelitian berikutnya untuk menambah variasi waktu untuk mendapatkan titik jenuh.

Akan tetapi hasil uji laboratorium dari pegolahan limbah laboratorium menggunakan membran keramik dengan komposisi 7,5 % dan 10 % masih melebihi persyaratan ambang batas menurut peraturan pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air untuk parameter Hg kelas II sebesar 0,002 mg/L yang terkandung dalam air limbah laboratorium. Oleh sebab itu perlu adanya pengolahan alternatif awal untuk menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada limbah laboratorium sebelum diolah dengan

menggunakan membran keramik, alternatif pengolahan awalnya dapat dengan menggunakan mikroorganisme untuk meremoval kandungan logam merkuri pada limbah laboratorium, untuk mengurangi konsentrasi merkuri (Hg) pada limbah laboratorium dilaporkan sel immobilisasi dari *chlorella emersoni* dapat mengakumulasikan merkuri lebih tinggi dibandingkan dengan sel tanpa immobilisasi (Augusto da Costa, dkk, dalam Suhendrayatna. 2001). Tetapi alternatif pengolahan ini juga memiliki kelemahan karena pada proses adsorpsinya sensitif terhadap pH dan spesifikasi logam (L.E. Mascaskie, dalam Suhendrayatna. 2001) dalam alternatif pengolahan lainnya dapat juga dengan filter karbon aktif arang tempurung kelapa yang dapat menurunkan effisiensi kandungan konsentasi Merkuri (Hg) pada air limbah dengan efisiensi sampai 90,4 % (Trikarini, T. 2005) sehingga apabila kedua penelitian ini diharapkan dapat menurukan konsentrasi merkuri (Hg) dibawah standar baku mutu yang diijinkan, menurut peraturan pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air untuk parameter Hg kelas II sebesar 0,002 mg/L, tetapi bila yang diinginkan proses pengolahan yang mandiri, maka pada penelitian yang selanjutnya untuk memperbesar reaktor membran keramik dengan komposisi yang sama, agar dapat diketahui apakah dengan memperbesar ukuran membran dapat menurunkan konsentrasi Hg di bawah standar baku mutu.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Dari hasil pengujian terjadi penurunan konsentrasi Merkuri (Hg) pada membran keramik dengan komposisi 7,5 %, efisiensi 91,8816 %, dari konsentrasi awal 1,318 ppm turun menjadi 0,107 ppm pada jam ke-1. Sedangkan dengan komposisi 10 %, efisiensi 56,6009 % dari konsentrasi awal 1,318 ppm turun menjadi 0,572 ppm pada jam ke-4
2. Membran keramik yang paling efektif menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) adalah membran keramik dengan komposisi 7,5 %.
3. Untuk waktu yang efektif untuk menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada komposisi 7,5 %dan 10 % dengan uji Tukey pada jam ke-4.
4. Tidak di dapatkan titik jenuh pada komposisi 7,5 % dan 10 % dengan uji Regresi linier.
5. Hasil uji pengolahan limbah laboratorium dengan menggunakan membran keramik masih diatas standar baku mutu peraturan pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air untuk parameter Hg kelas II sebesar 0,002 mg/l.

5.2 Saran

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

1. Perlu dilakukannya pencucian pada membran keramik sebelum digunakan dengan mengalirkan air bersih ke dalam membran keramik, perlakuan ini bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa pembakaran dari pembakaran keramik tersebut.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukannya pengukuran pH pada setiap pengambilan sampel.
3. Pada penelitian selanjutnya diharapkan adanya penambahan variasi waktu untuk mengetahui waktu jenuh dari membran keramik yang digunakan.
4. Pada penelitian yang selanjutnya untuk memperbesar ukuran membran keramik, agar dapat diketahui apakah dengan memperbesar ukuran membran dapat menurunkan konsentrasi Hg di bawah standar baku mutu.
5. Diperlukan alternatif pengolahan awal untuk mengurangi konsentrasi Merkuri (Hg) yaitu dengan menggunakan mikroorganisme untuk meremoval konsentrasi merkuri pada limbah laboratorium atau dengan menggunakan filter karbon aktif tempurung kelapa sebelum diolah dengan menggunakan membran keramik.

DAFTAR PUSTAKA

Alaerts,G. 1984. *Metodologi Penelitian Air*. Usaha Nasional Indonesia: Surabaya.

Aminati, K. 2006. *Efektifitas Teknologi Membran Keramik Terhadap Penurunan Konsentrasi Besi (Fe) dan COD pada Limbah Cair Lindi TPA Piyungan Yogyakarta*. JTL, UII. Yogyakarta.

Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Saringan Air Keramik Penjernih Air Minum Bebas Bakteri*. Diambil dari website www.yahoo.com. Update. Download 29 November 2006 .

Cristady, H. H. 2002. *Mekanika Tanah I, Edisi kedua*. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairaan*. Kanisius: Yogyakarta.

Grim, R.E. 1953. *Clay Mineralogy, Second Edition*. Mc Graw Hill Book Company: Newyork.

Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. Mc Graw Hill, International Edition, Third Edition.

Nasution, D. A. 2006. *Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Tanah dengan Menggunakan Membran Keramik*. JTL, UII. Yogyakarta.

Nazula, N. 2006. *Penurunan Kadar Escherichia Coli dan Total Dissolved Solid (TDS) pada Limbah Domestik dengan Menggunakan Membran Keramik.* JTL, UII. Yogyakarta.

Palar, H. 1994. *Pencemaran Toksologi Logam Berat.* PT. Rhineka Cipta, Jakarta

Pikiran Rakyat. *Merkuri, Antara Madu dan Racun.* Diambil dari website www.yahoo.com. Update 24 Maret 2006 Download 10 Desember 2006.

Reynolds, T. D. 1982. *Unit Operations and Process in Environmental Engineering.* Texas A&M University, Brooks/Cole Engineering Division, Monterey, California, USA.

Rozalina, C. 2006. *Penurunan Konsentrasi Bakteri Escherichia Coli dan Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Sungai dengan Menggunakan Teknologi Membran Keramik.* JTL, UII. Yogyakarta.

Setiono, L Dan Hadyana, P. A. 1979. *Vogel Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro Bagian I.* Penerbit : PT. Kalman Media Pusaka. Jakarta.

Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah.* Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta.

Suhendrayatna. 2001. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Microorganisme : Suatu Kajian Kepustakaan* : Jakarta.

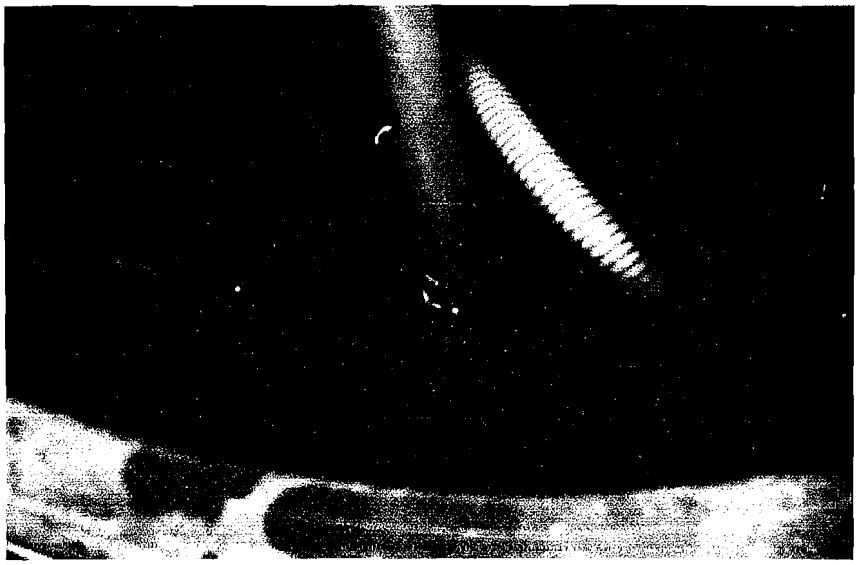
Trikarini, T. 2005. *Penurunan Kadar Merkuri (Hg) dalam Limbah Cair Laboratorium UII Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung* Kelapa. JTL, UII. Yogyakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

1

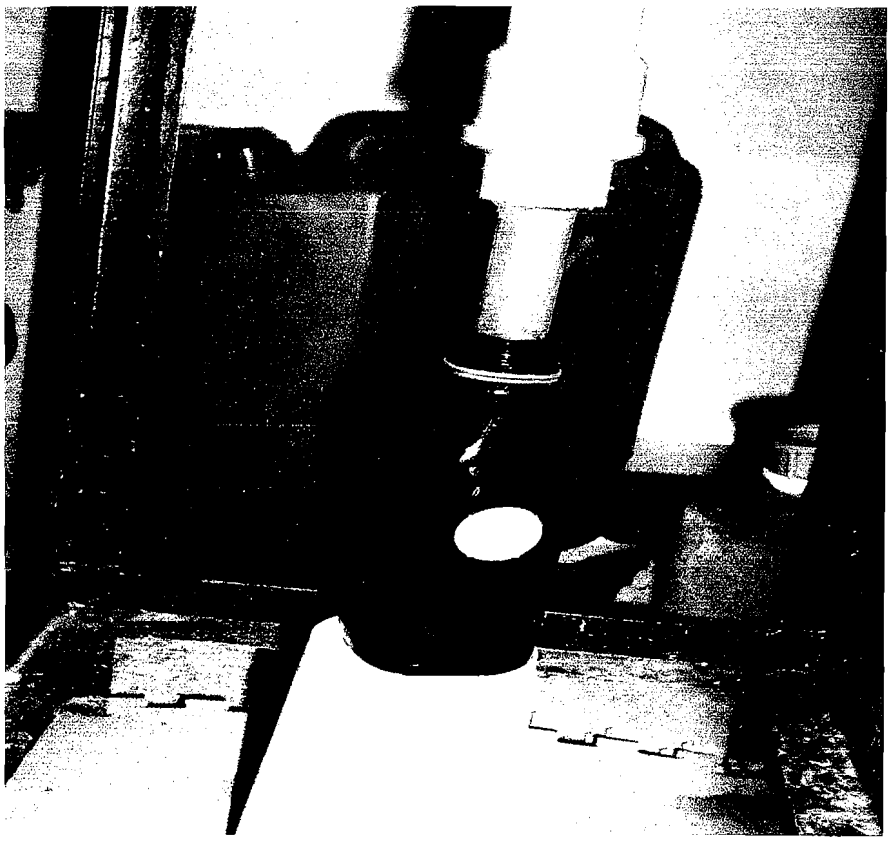
Lampiran 1



Gambar 1. Bak Penampung Inlet



Gambar 2. Effeluent yang keluar dari Membran Keramik



Gambar 3. Pengambilan Sampel pada Outlet



Gambar 4. Effluent Limbah Labratorium Setelah di Proses pada Reaktor Membran Keramik

LAMPIRAN

2

LAMPIRAN 2

1. Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t / t-Test) untuk Merkuri (Hg)

1.1 t-test Analisa Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 7,5 %

Langkah-Langkah Pengerjaan t-test Analisa Merkuri (Hg)

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Merkuri (Hg) pada inlet dan outlet

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Merkuri (Hg) 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 (r)

Jam ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1^2	X2^2
1	1,318	0,107	0,141026	1,737124	0,011449
2	1,459	0,248	0,361832	2,128681	0,061504
3	1,842	0,383	0,705486	3,392964	0,146689
4	1,935	0,395	0,764325	3,744225	0,156025
5	2,039	0,792	1,614888	4,157521	0,627264
Σ	8,5930	1,925	3,587557	15,16052	1,002931
Xr	1,7186	0,385			
Standar Deviasi (s)	**0,3132831**	**0,2558349**			
Varians (S)	**0,0981463**	**0,0654515**			
Korelasi (r)	**0,87104288**				

Langkah 4 : Mencari t hitung

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

$$= \frac{1{,}7186 - 0{,}385}{\sqrt{\frac{0{,}0981463}{5} + \frac{0{,}0654515}{5} - 2*(0{,}87104288)\left(\frac{0{,}3132831}{\sqrt{5}}\right) + \left(\frac{0{,}2558349}{\sqrt{5}}\right)}}$$

$= 2{,}081030042$

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 ≤ t hitung ≤ + t tabel, maka Ho diterima dan Ha ditolak.

Langkah 6: Membandingkan t tabel dengan t hitung

Ternyata -t tabel ≤ t hitung ≤ + t tabel

Atau – 1,860< 2,081030042 < 1,860, maka Ho ditolak dan Ha diterima.

Langkah 7 : Kesimpulan

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Merkuri (Hg) pada inlet dan outlet DITERIMA

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Merkuri (Hg) pada inlet dan outlet DITOLAK

1.2 t-test Analisa Merkuri (Hg) pada Membran Keramik 10 %

Langkah-Langkah Pengerjaan t-test Analisa Merkuri (Hg)

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Merkuri (Hg) pada inlet dan outlet

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Merkuri (Hg) 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 (r)

Jam ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1^2	X2^2
1	0,978	0,611	0,59756	0,95648	0,37332
2	0,793	0,661	0,52417	0,62885	0,43692
3	1,068	0,65	0,6942	1,14062	0,4225
4	1,318	0,572	0,7539	1,73712	0,32718
5	1,524	0,693	1,05613	2,32258	0,48025
Σ	5,6810	3,187	3,62596	6,78566	2,04018
Xr	1,1362	0,6374			
Standar Deviasi (s)	**0,28762163**	**0,04685403**			
Varians (S)	**0,0827262**	**0,0021953**			
Korelasi (r)	**0,09070785**				

Langkah 4 : Mencari t hitung

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

$$= \frac{1{,}1362 - 0{,}6374}{\sqrt{\frac{0{,}0827262}{5} + \frac{0.0021953}{5} - 2*(0{,}09070785)\left(\frac{0{,}28762163}{\sqrt{5}}\right) + \left(\frac{0{,}04685403}{\sqrt{5}}\right)}}$$

$$= 4{,}127693102$$

Langkah 5: Menentukan kaidah pengujian

4. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
5. dk = n1 + n2 – 2 = 5 + 5 - 2 = 8

   Sehingga diperoleh t tabel = 1,860
6. Kriteria pengujian dua pihak

   Jika : -t tabel ≤ t hitung ≤ + t tabel, maka Ho diterima dan Ha ditolak.

Langkah 6: Membandingkan t tabel dengan t hitung

Ternyata -t tabel ≤ t hitung ≤ + t tabel

Atau – 1,860 < 4,127693102 < 1,860 , maka Ho ditolak dan Ha diterima.

Langkah 7 : Kesimpulan

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Merkuri (Hg) pada inlet dan outlet DITERIMA

Ho : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Merkuri (Hg) pada inlet dan outlet DITOLAK

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	INLET	1,7186	5	,31328	,14010
	OUTLET	,3850	5	,25583	,11441
Pair 2	INLET1	1,1362	5	,28762	,12863
	OUTLET1	,6374	5	,04685	,02095

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	INLET & OUTLET	5	,871	,055
Pair 2	INLET1 & OUTLET1	5	,091	,885

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	INLET - OUTLET	1,3336	,15483	,06924	1,1414	1,5258	19,260	4	,000
Pair 2	INLET1 - OUTLET1	,4988	,28719	,12843	,1422	,8554	3,884	4	,018

LAMPIRAN

3

Lampiran 3

Analisa Data Perbandingan Ganda (Uji Tukey)

Oneway

ANOVA

SELISIH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,286	4	,072	,190	,934
Within Groups	1,882	5	,376		
Total	2,168	9			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: SELISIH

Tukey HSD

(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1,00	2,00	,1175	,61349	1,000	-2,3435	2,5785
	3,00	-,1495	,61349	,999	-2,6105	2,3115
	4,00	-,3540	,61349	,973	-2,8150	2,1070
	5,00	-,2500	,61349	,992	-2,7110	2,2110
2,00	1,00	-,1175	,61349	1,000	-2,5785	2,3435
	3,00	-,2670	,61349	,990	-2,7280	2,1940
	4,00	-,4715	,61349	,930	-2,9325	1,9895
	5,00	-,3675	,61349	,969	-2,8285	2,0935
3,00	1,00	,1495	,61349	,999	-2,3115	2,6105
	2,00	,2670	,61349	,990	-2,1940	2,7280
	4,00	-,2045	,61349	,996	-2,6655	2,2565
	5,00	-,1005	,61349	1,000	-2,5615	2,3605
4,00	1,00	,3540	,61349	,973	-2,1070	2,8150
	2,00	,4715	,61349	,930	-1,9895	2,9325
	3,00	,2045	,61349	,996	-2,2565	2,6655
	5,00	,1040	,61349	1,000	-2,3570	2,5650
5,00	1,00	,2500	,61349	,992	-2,2110	2,7110
	2,00	,3675	,61349	,969	-2,0935	2,8285
	3,00	,1005	,61349	1,000	-2,3605	2,5615
	4,00	-,1040	,61349	1,000	-2,5650	2,3570

Homogeneous Subsets

SELISIH

Tukey HSD[a]

WAKTU	N	Subset for alpha = .05
		1
2,00	2	,6715
1,00	2	,7890
3,00	2	,9385
5,00	2	1,0390
4,00	2	1,1430
Sig.		,930

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

LAMPIRAN

4

Lampiran 4
Data Analisa Regresi Linier

Regression

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	WAKTU[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: INLET

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,968[a]	,937	,916	,090761

a. Predictors: (Constant), WAKTU

b. Dependent Variable: INLET

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,368	1	,368	44,658	,007[a]
	Residual	,025	3	,008		
	Total	,393	4			

a. Predictors: (Constant), WAKTU

b. Dependent Variable: INLET

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	1,143	,095		12,010	,001
	WAKTU	,192	,029	,968	6,683	,007

a. Dependent Variable: INLET

Residuals Statistics[a]

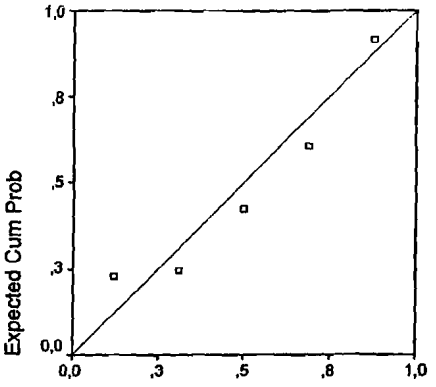
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	1,33500	2,10220	1,71860	,303262	5
Residual	-,06780	,12340	,00000	,078602	5
Std. Predicted Value	-1,265	1,265	,000	1,000	5
Std. Residual	-,747	1,360	,000	,866	5

a. Dependent Variable: INLET

Charts

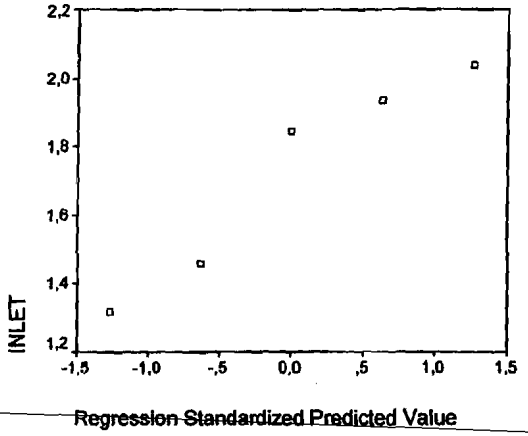
Normal P-P Plot of Regression S

Dependent Variable: INLET



Scatterplot

Dependent Variable: INLET



Regression

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	WAKTU[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: OUTLET

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,938[a]	,879	,839	,102757

a. Predictors: (Constant), WAKTU

b. Dependent Variable: OUTLET

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,230	1	,230	21,795	,019[a]
	Residual	,032	3	,011		
	Total	,262	4			

a. Predictors: (Constant), WAKTU

b. Dependent Variable: OUTLET

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-7,01E-02	,108		-,650	,562
	WAKTU	,152	,032	,938	4,668	,019

a. Dependent Variable: OUTLET

Residuals Statistics[a]

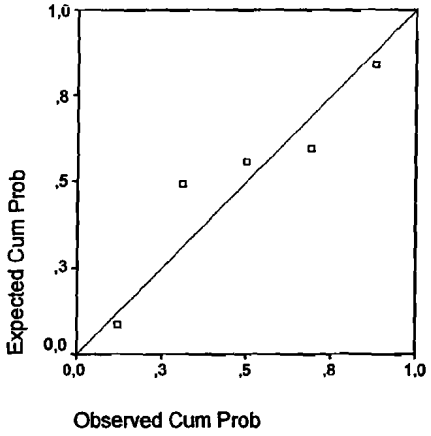
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	,08160	,68840	,38500	,239859	5
Residual	-,14170	,10360	,00000	,088990	5
Std. Predicted Value	-1,265	1,265	,000	1,000	5
Std. Residual	-1,379	1,008	,000	,866	5

a. Dependent Variable: OUTLET

Charts

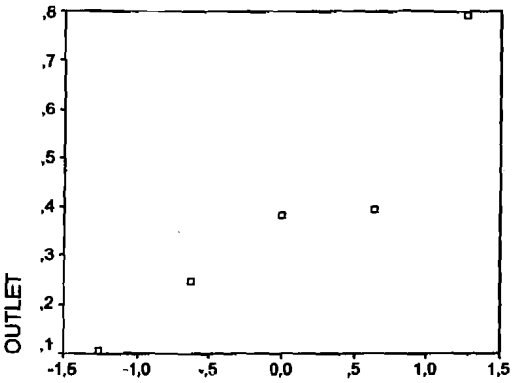
Normal P-P Plot of Regression S

Dependent Variable: OUTLET



Scatterplot

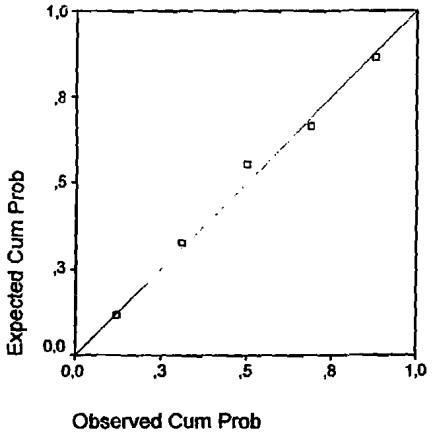
Dependent Variable: OUTLET



Charts

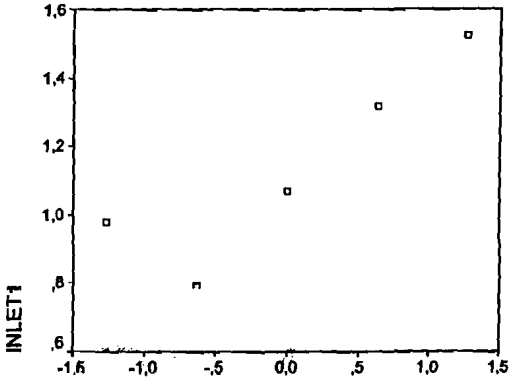
Normal P-P Plot of Regression S

Dependent Variable: INLET1



Scatterplot

Dependent Variable: INLET1



Regression

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	WAKTU1[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: OUTLET1

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,253[a]	,064	-,248	,052341

a. Predictors: (Constant), WAKTU1

b. Dependent Variable: OUTLET1

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,001	1	,001	,205	,681[a]
	Residual	,008	3	,003		
	Total	,009	4			

a. Predictors: (Constant), WAKTU1

b. Dependent Variable: OUTLET1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,615	,055		11,201	,002
	WAKTU1	7,500E-03	,017	,253	,453	,681

a. Dependent Variable: OUTLET1

Residuals Statistics[a]

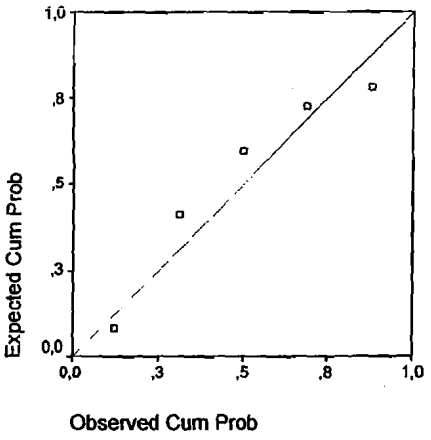
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	,62240	,65240	,63740	,011859	5
Residual	-,07290	,04060	,00000	,045329	5
Std. Predicted Value	-1,265	1,265	,000	1,000	5
Std. Residual	-1,393	,776	,000	,866	5

a. Dependent Variable: OUTLET1

Charts

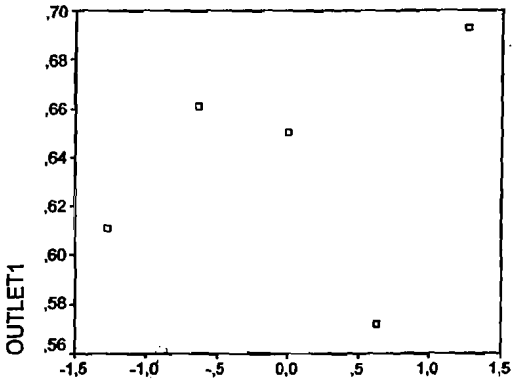
Normal P-P Plot of Regression S

Dependent Variable: OUTLET1



Scatterplot

Dependent Variable: OUTLET1



LAMPIRAN

5

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 MERKURI

Asal Contoh : **Heru Mardiansyah**

Mahasiswa UII Yogyakarta

Tanggal Terima : **Oktober 2006**

NO	SAMPEL	KONSENTRASI Hg (ppm)
1	Sampel awal 10 %	1,499
2	Inlet 10 % 1 jam	0,978
3	Inlet 10 % 2 jam	0,793
4	Inlet 10 % 3 jam	1,068
5	Inlet 10 % 4 jam	1,318
6	Inlet 10 % 5 jam	1,524
7	Outlet 10 % 1 jam	0,611
8	Outlet 10 % 2 jam	0,661
9	Outlet 10 % 3 jam	0,65
10	Outlet 10 % 4 jam	0,572
11	Outlet 10 % 5 jam	0,693
12	Sampel awal 7,5 %	1,257
13	Inlet 7,5 % 1 jam	1,318
14	Inlet 7,5 % 2 jam	1,459
15	Inlet 7,5 % 3 jam	1,842
16	Inlet 7,5 % 4 jam	1,935
17	Inlet 7,5 % 5 jam	2,039
18	Outlet 7,5 % 1 jam	0,107
19	Outlet 7,5 % 2 jam	0,248
20	Outlet 7,5 % 3 jam	0,383
21	Outlet 7,5 % 4 jam	0,395
22	Outlet 7,5 % 5 jam	0,792

Yogyakarta, 13 Oktober 2006

Mengetahui,
Kepala BPKL Diskimpraswil

Ir. HERI SISWANTO
NIP. 140040934

Seksi Pengujian Mutu Air
Penyelia

WAHYU HIDAYAT,BSc
NIP . 110021897

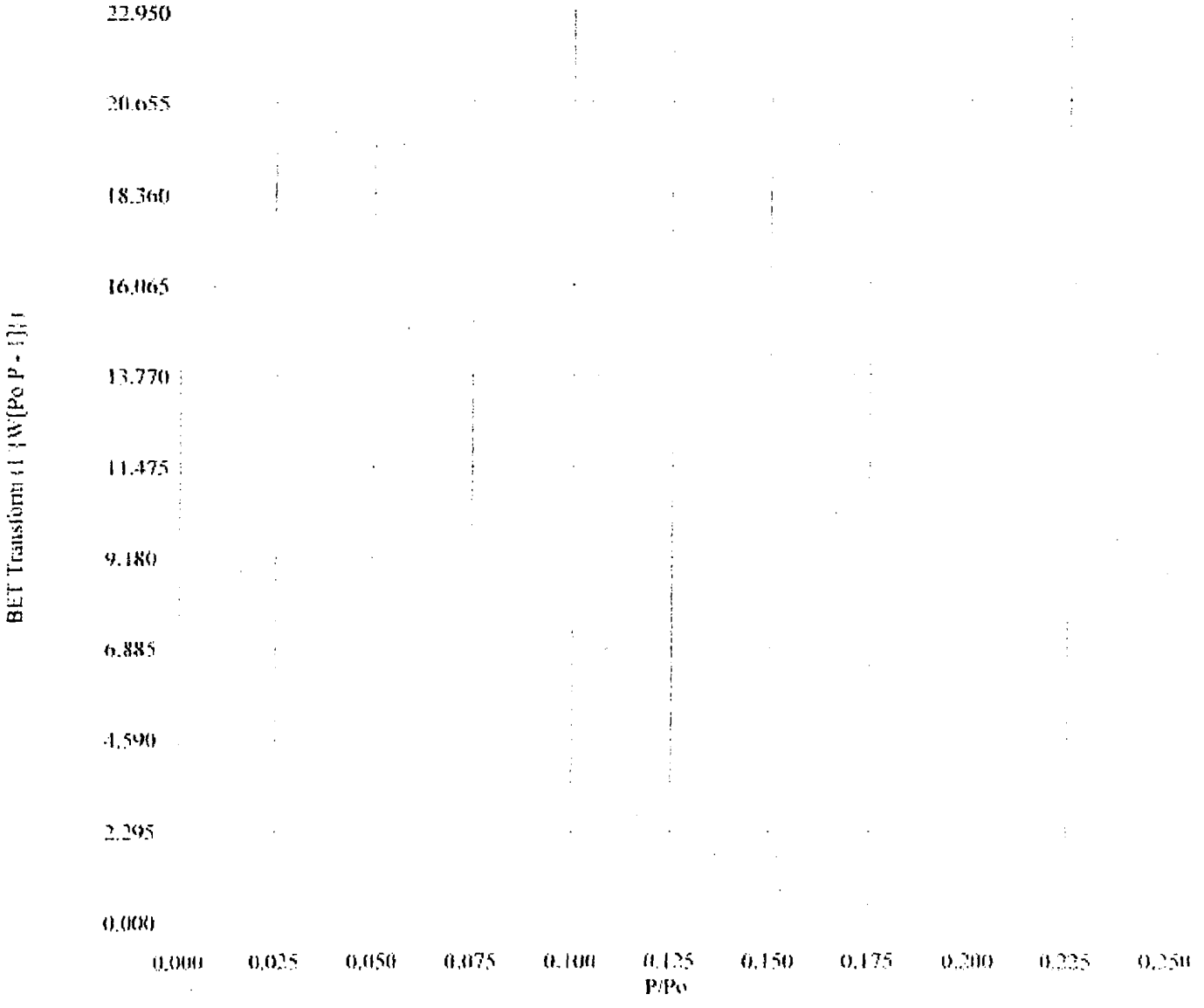
LAMPIRAN

6

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)



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

User ID	--	User Setup	- 5
Sample ID	617P/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

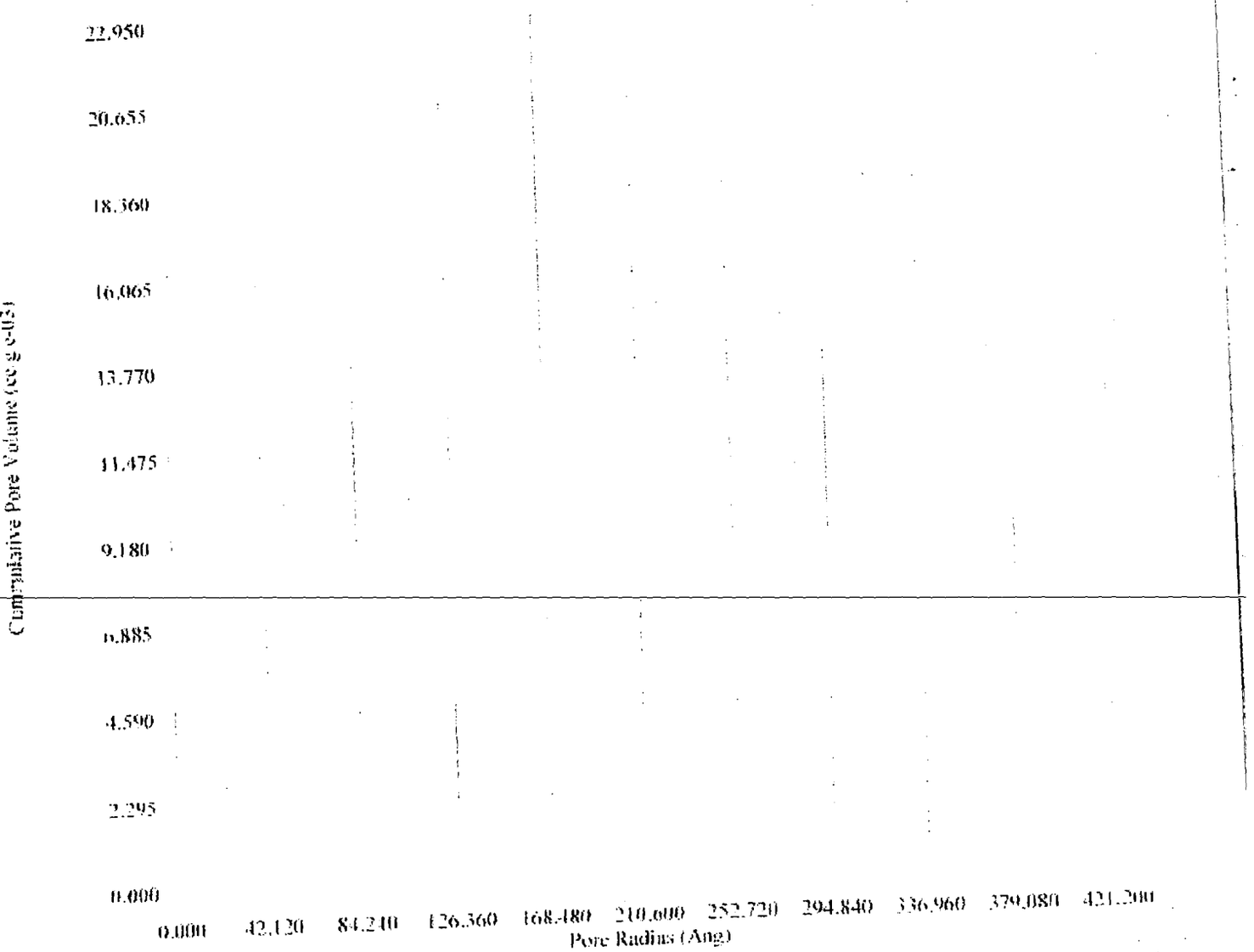
Multi BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform (1/[W[Po/P - 1]])
0.054768	5.540716
0.067120	6.644720
0.150836	14.016810
0.196571	18.182428
0.246074	22.929780
Slope	90.470758
Intercept	0.513919
Correlation Coefficient	0.999857
BET C	177.384352
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	= 750.86 mm Hg
Po Type	= User	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorbate	= N2		
		Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 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/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)	Cummulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cummulative 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
59.910454	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
29.372389	13043.528371	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
15.980414	5563.279841	4.110970
14.840505	3917.886987	2.796268
13.775964	2083.592405	1.435175

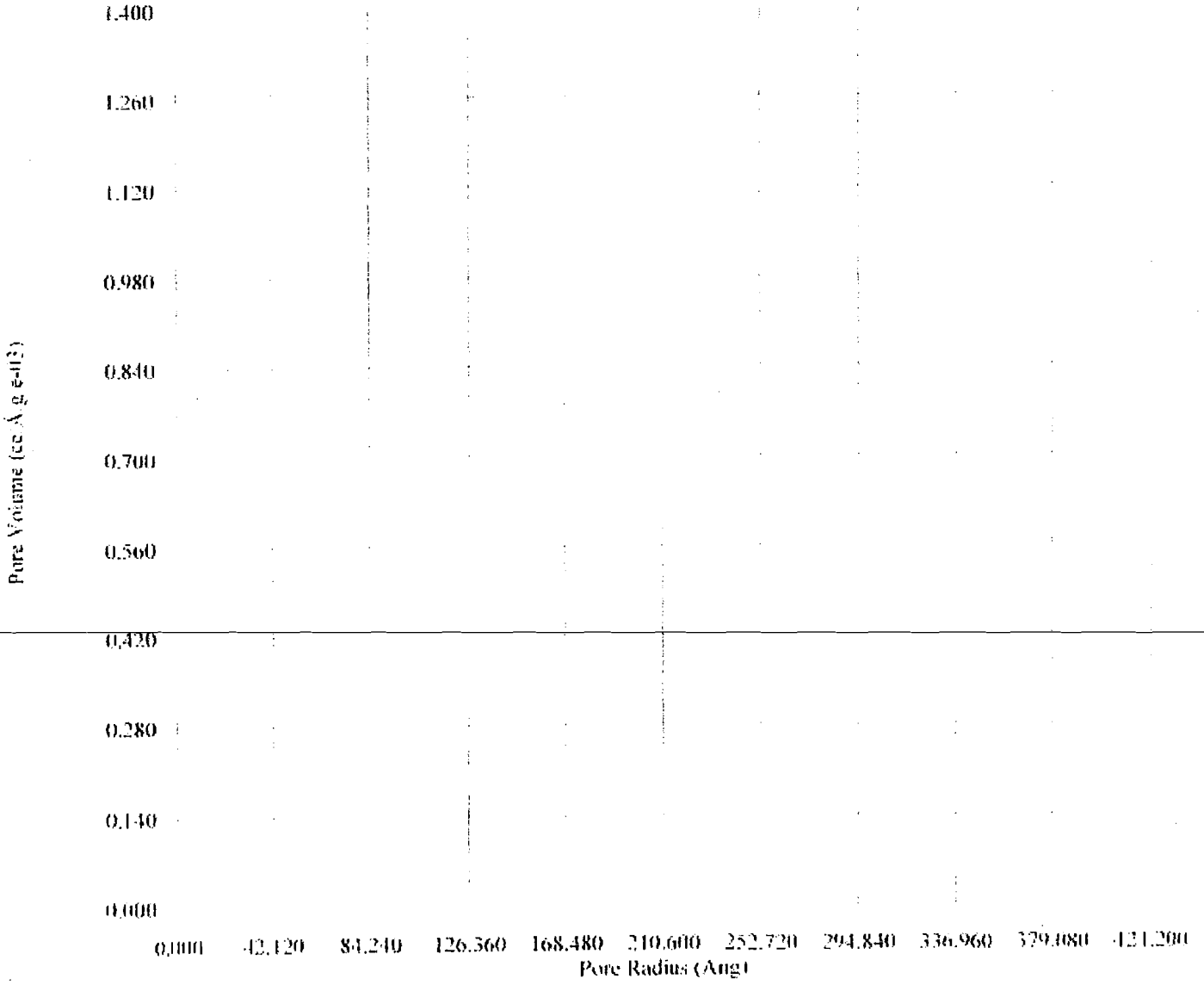
Total Pore Volume is 33.143380 e-03 cc/g for all pores less than 624.132823 Angstrom.

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

DVR (Adsorption)



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

User ID		User Setup	5
Sample ID	617PKA 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/A/g e-03)	Pore Volume (cc/A/g e-03)
421.185699	0.119757	0.002522
155.206342	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	87.615060	0.186611
37.129221	131.415541	0.243968
32.903905	189.466811	0.311700
29.372389	265.115239	0.389353
26.405330	352.627177	0.465562
23.961644	458.689460	0.549548
21.894027	579.514918	0.634396
20.147115	674.225188	0.679185
18.599383	660.099659	0.613872
17.223180	1149.855010	0.990208
15.980414	1382.396818	1.106564
14.840505	1683.501170	1.249200
13.775964	2004.395692	1.380624

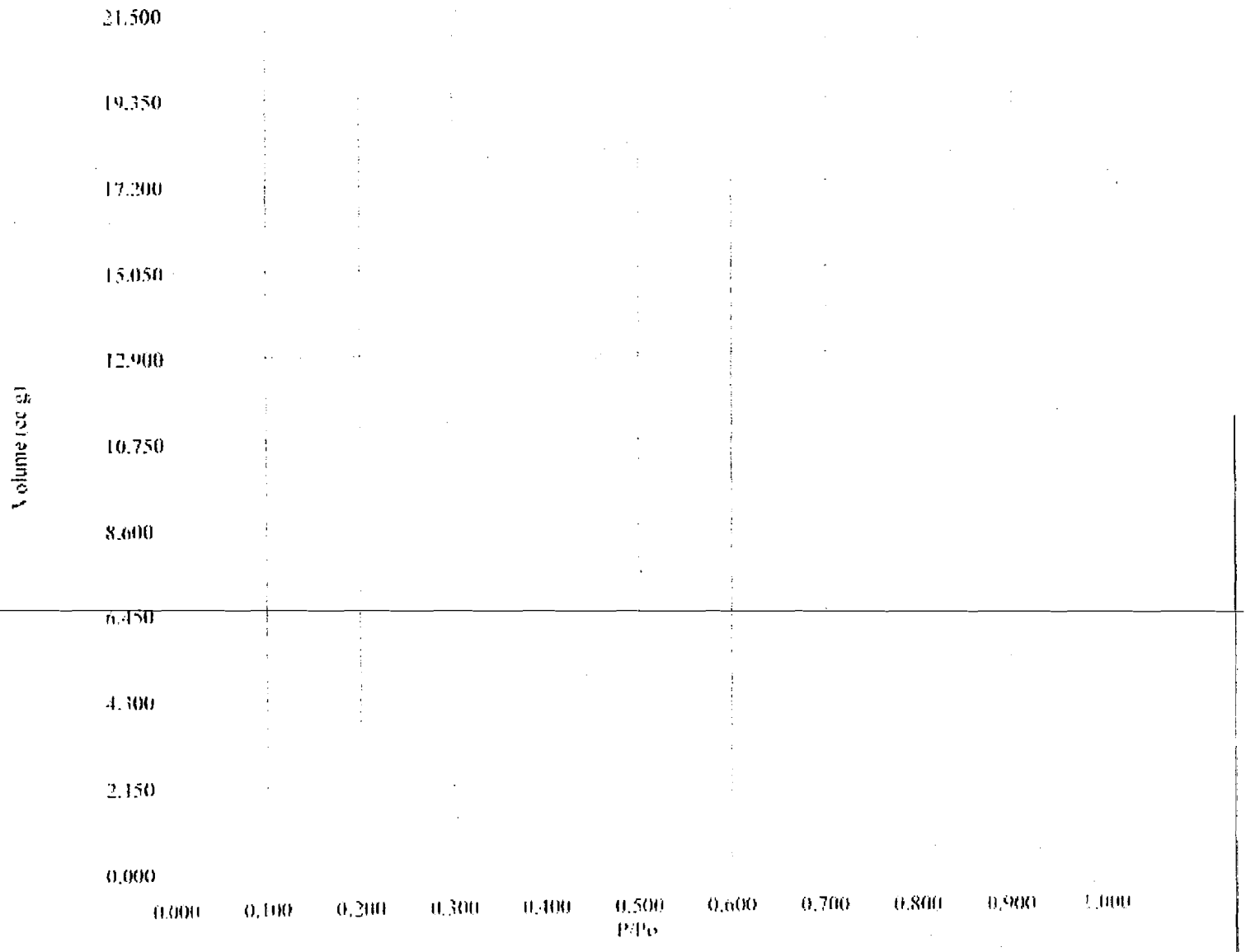
Total Pore Volume is 33.143380 e-03 cc/g for all pores less than 624.132823 Angstrom.

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

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

ISOTHERM (Adsorption)

P/Po	Volume (cc/g)
0.054768	8.367064
0.067120	8.702950
0.150836	10.139510
0.196571	10.766445
0.246074	11.389136
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
0.582321	15.302930
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 = 617b.dat

User ID		User Setup	5
Sample ID	617/PIKA B	Sample Cell Number	2
Sample Weight	0.5770 g	Sample Volume	= 0.5770 cc
Sample Density	1.0000 g/cc		
		Po	752.03 mm Hg
Po Type	User	Bath Temperature	77.40 deg K
Adsorbate	N2		
		Desorption Tolerance	0.0000 mm Hg
Adsorption Tolerance	0.1000 mm Hg	Desorption Equil Time	0 sec
Adsorption Equil Time	60 sec	Desorption Dwell Time	0 sec
Adsorption Dwell Time	180 sec		
Analysis Start Time	Thu Oct 12 10:26:28 2006	Analysis End Time	Thu Oct 12 11:47:33 2006

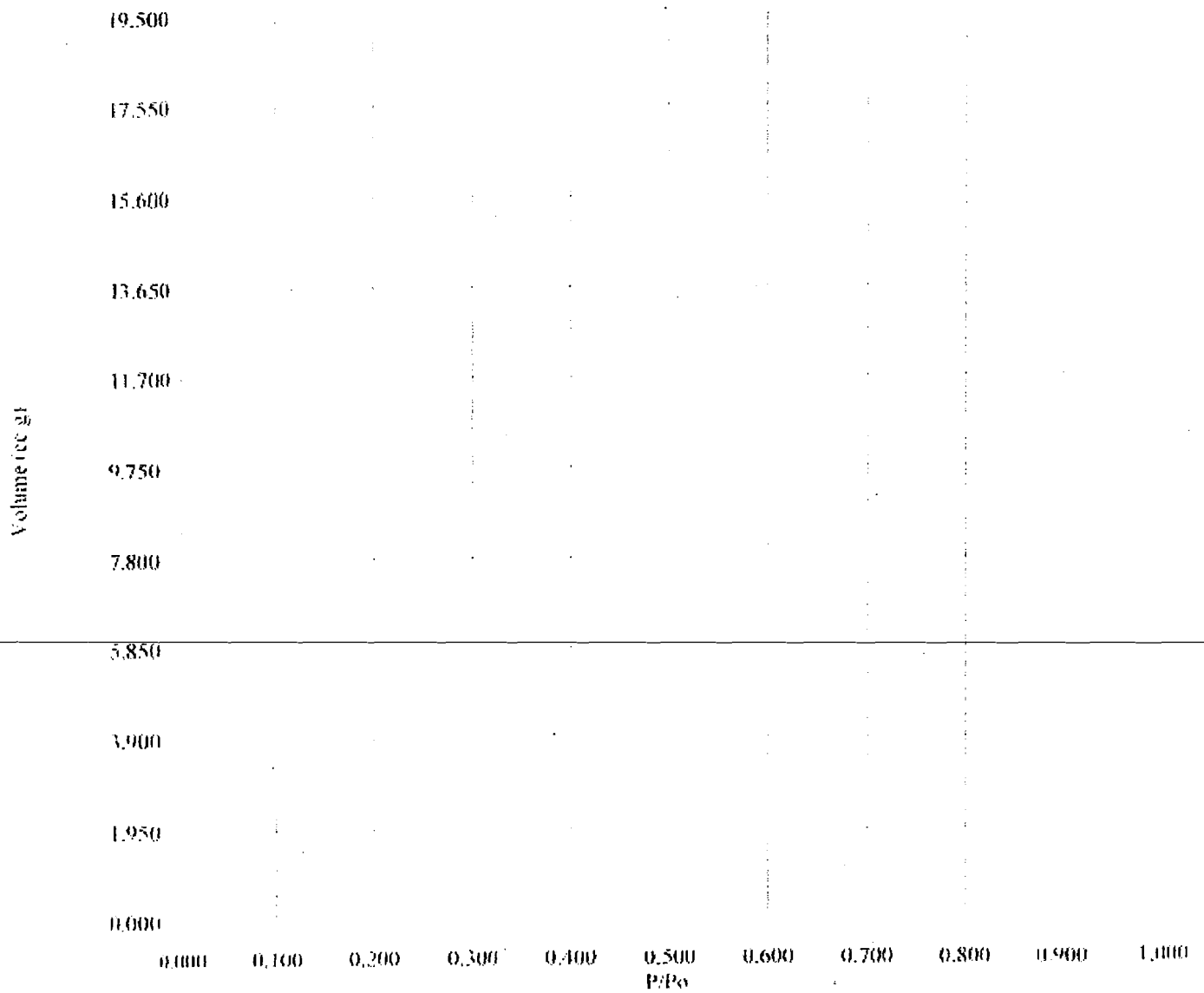
ISOTHERM (Adsorption)

P/Po	Volume (cc/g)
0.049228	7.444880
0.074136	7.986339
0.151801	9.130175
0.196446	9.664659
0.215226	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	17.315954
0.874947	17.633013
0.912153	18.206327
0.947607	18.807157
0.983503	19.452030

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)



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA

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

User ID		User Setup	5
Sample ID	617/PKA 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

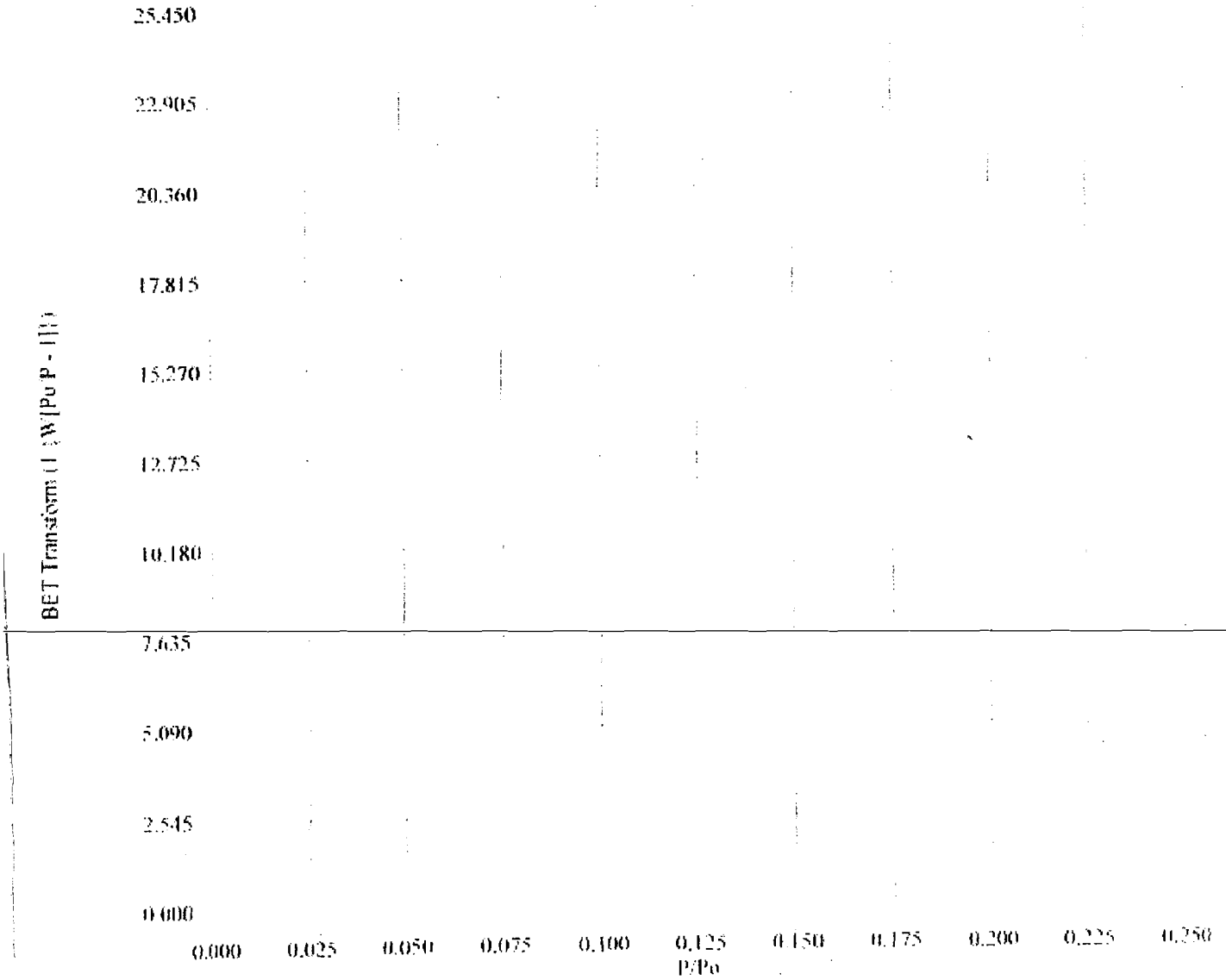
Multi BET (Adsorption)

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

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

BJH (Adsorption)

Pore Radius (Ang)	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	15431.341612	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

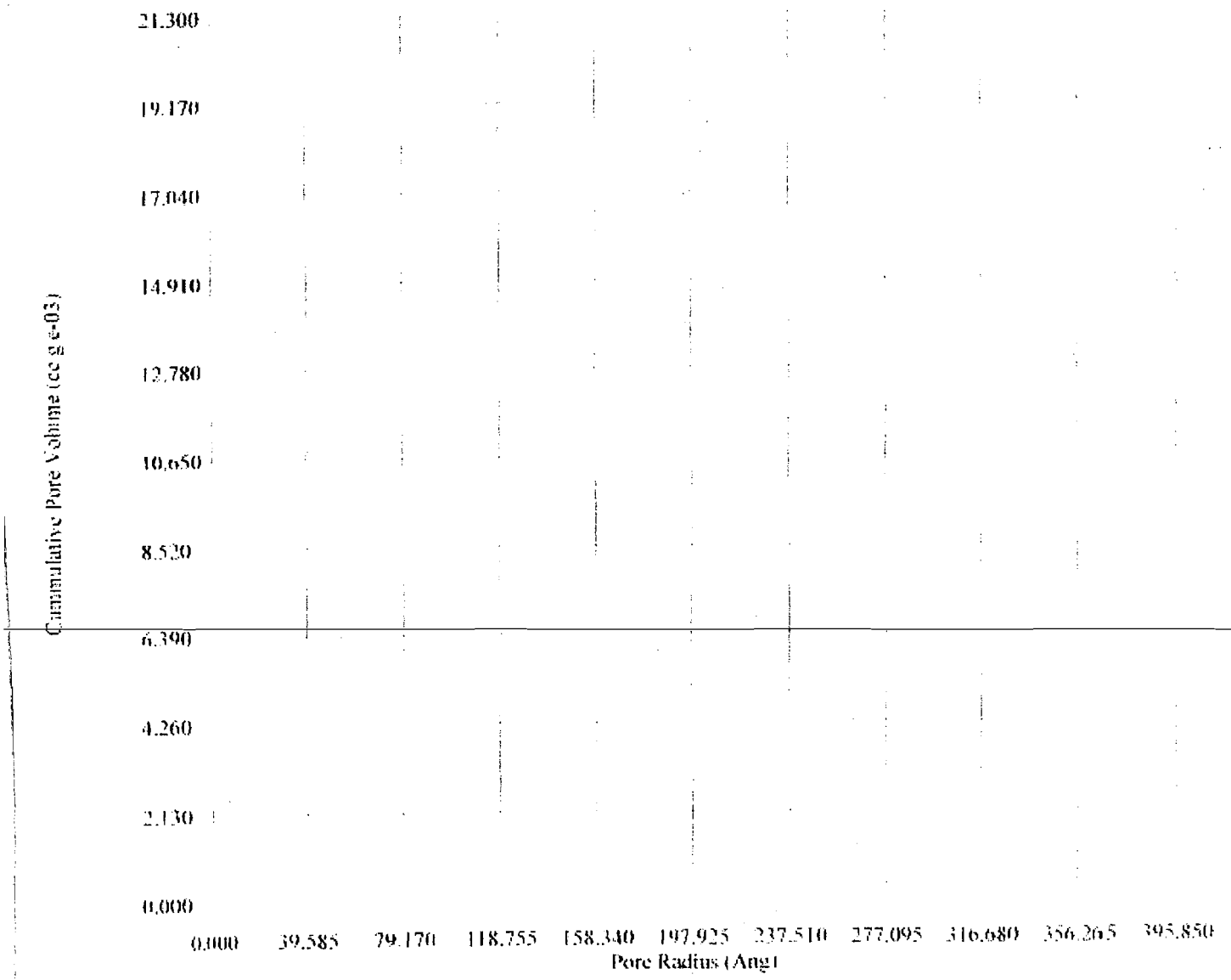
Total Pore Volume is 30.046123 e-03 cc/g for all pores less than 574.368980 Angstrom.

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

BJH (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

DVR (Adsorption)

Pore Radius (Ang)	Pore Area (sq m/Å/g e-03)	Pore Volume (cc/Å/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	683.171779	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

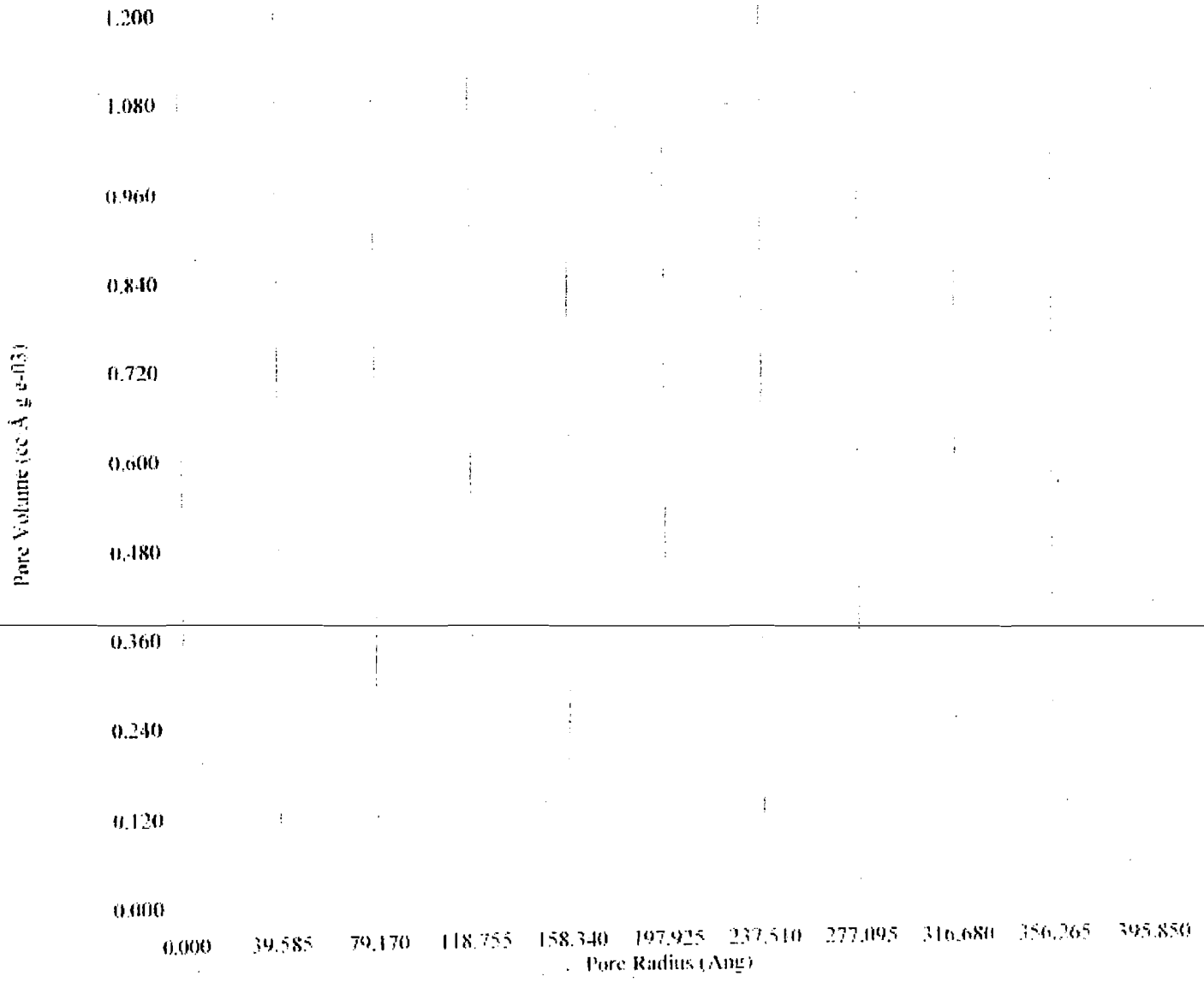
Total Pore Volume is 30.046423 e-03 cc/g for all pores less than 574.368980 Angstrom.

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	= 752.03 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 – 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

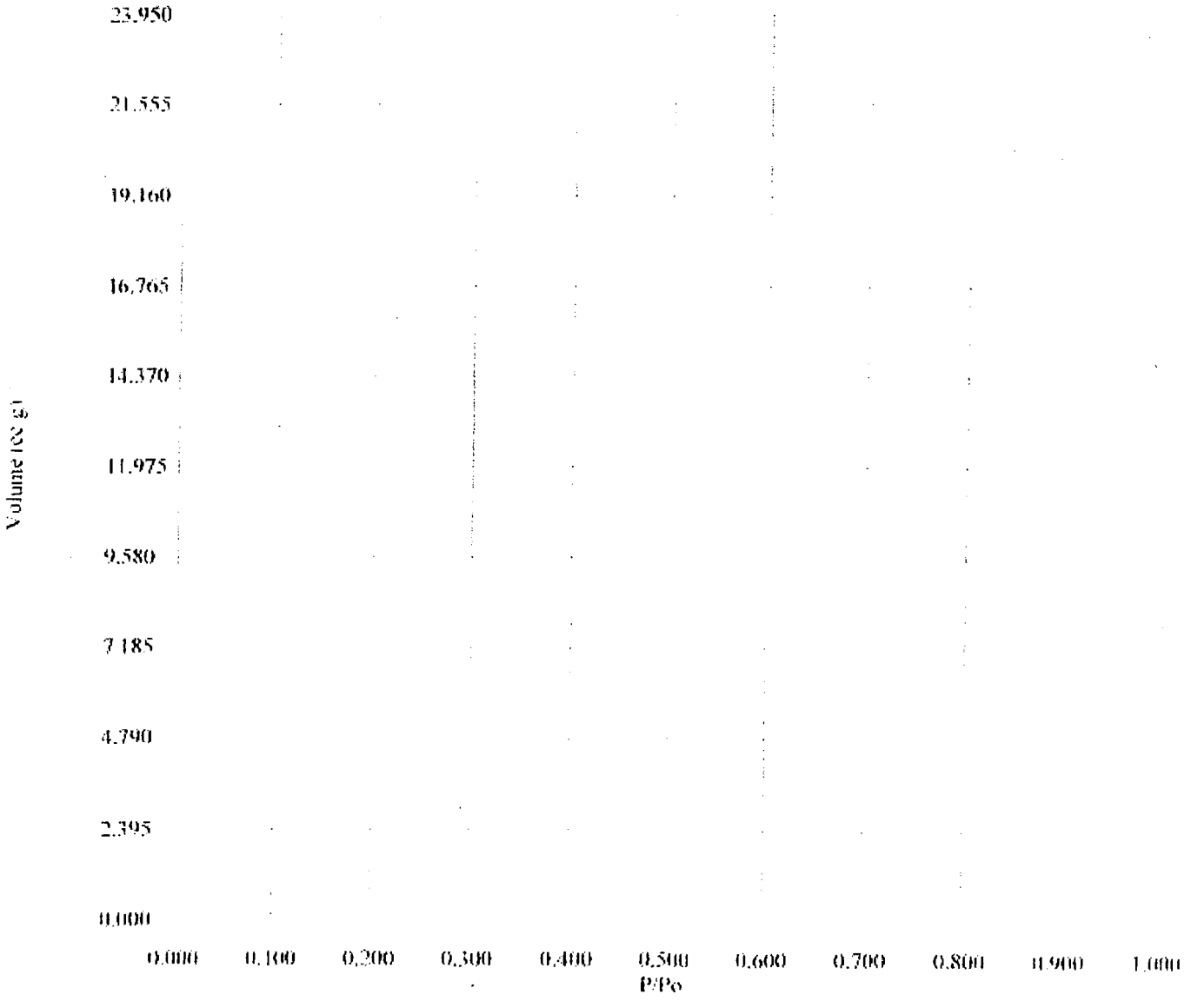
ISOTHERM (Adsorption)

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
0.655938	18.220390
0.696337	18.823888
0.734375	19.285456
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	= 617/P/KA C	Sample Cell Number	4
Sample Weight	= 0.4130 g	Sample Volume	= 0.4130 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Pp 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/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)

Pore Radius (Ang)	Pore Area (sq m/Å/g e-03)	Pore Volume (cc/Å/g e-031
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	213.325663	0.350008
29.287177	559.490174	0.819294
26.531383	358.085238	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

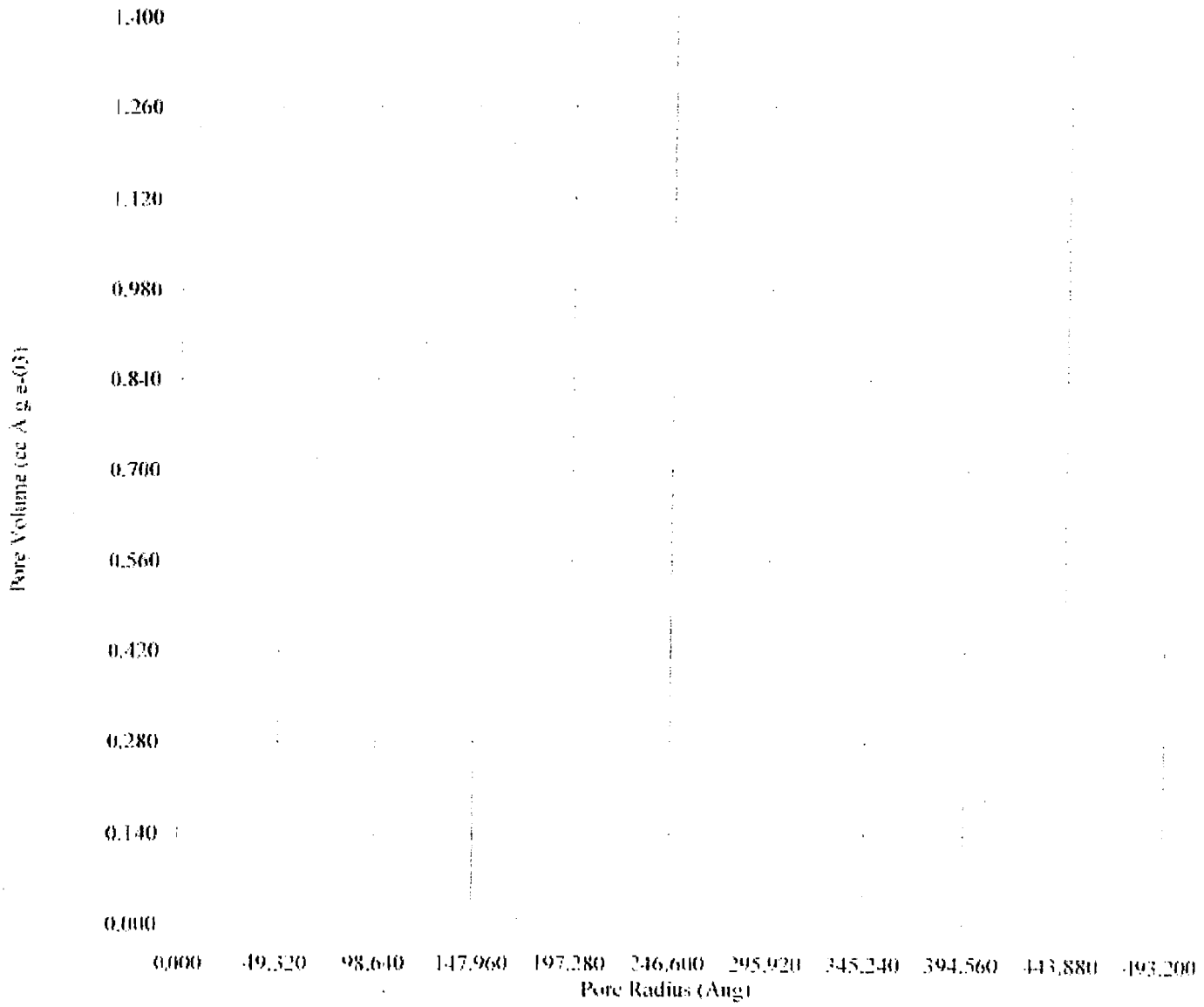
Total Pore Volume is 36.977381 e-03 cc/g for all pores less than 757.827573 Angstrom.

Average pore radius is 17.201323 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 = 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)

Pore Radius (Ang)	Cummulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cummulative Pore Volume (cc/g e-03)
493.163916	17391.094142	24.919331
159.193595	17345.537001	23.795974
100.550384	17183.526544	22.506423
75.665592	16843.759637	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
32.814391	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	7758.633236	6.084187
17.268319	6940.149988	5.320873
16.000427	5492.140811	4.070639
14.865019	3803.170809	2.718920
13.804895	2033.534057	1.403636

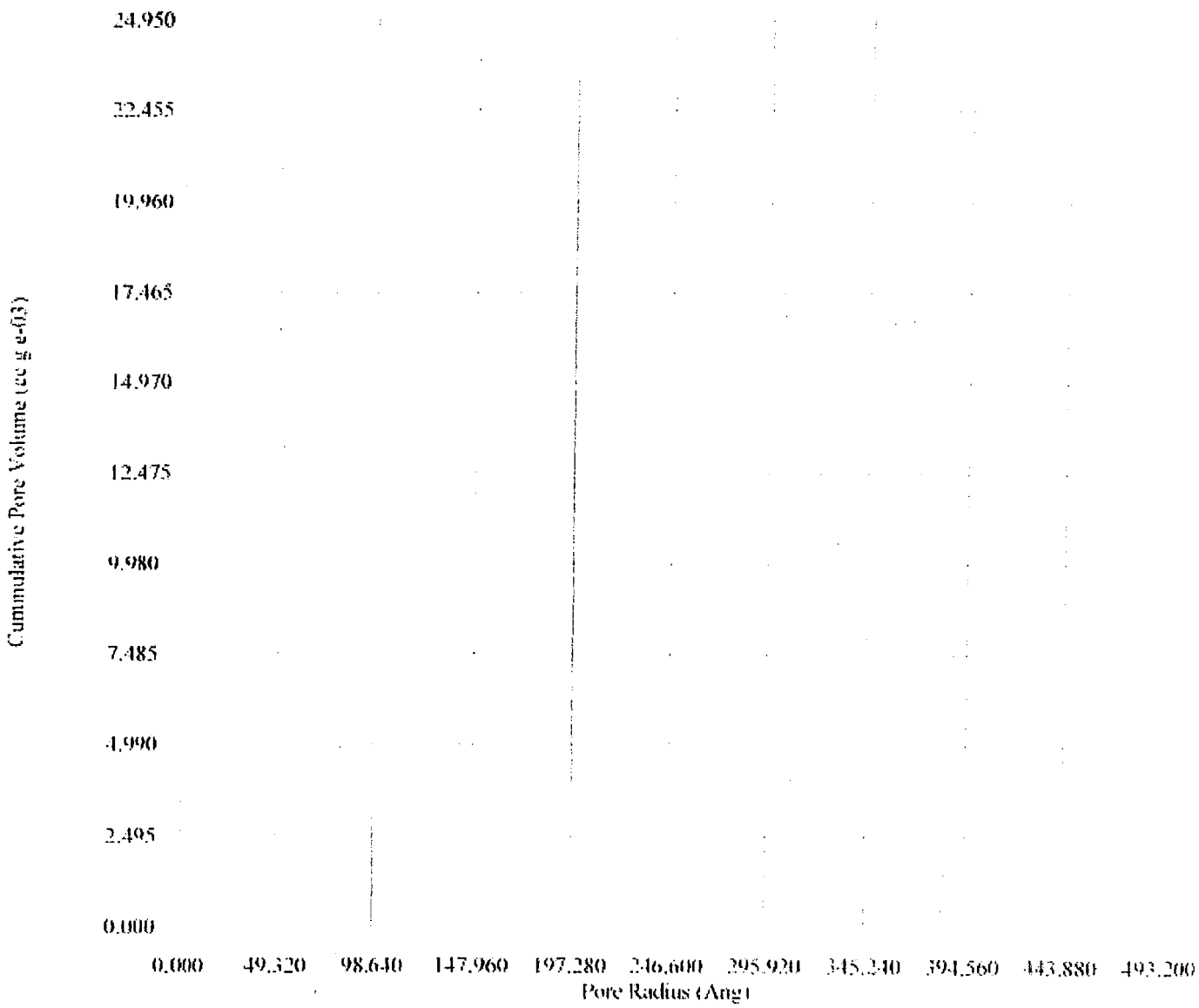
Total Pore Volume is 36.977381 e-03 cc/g for all pores less than 757.827573 Angstrom.

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

BJH (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

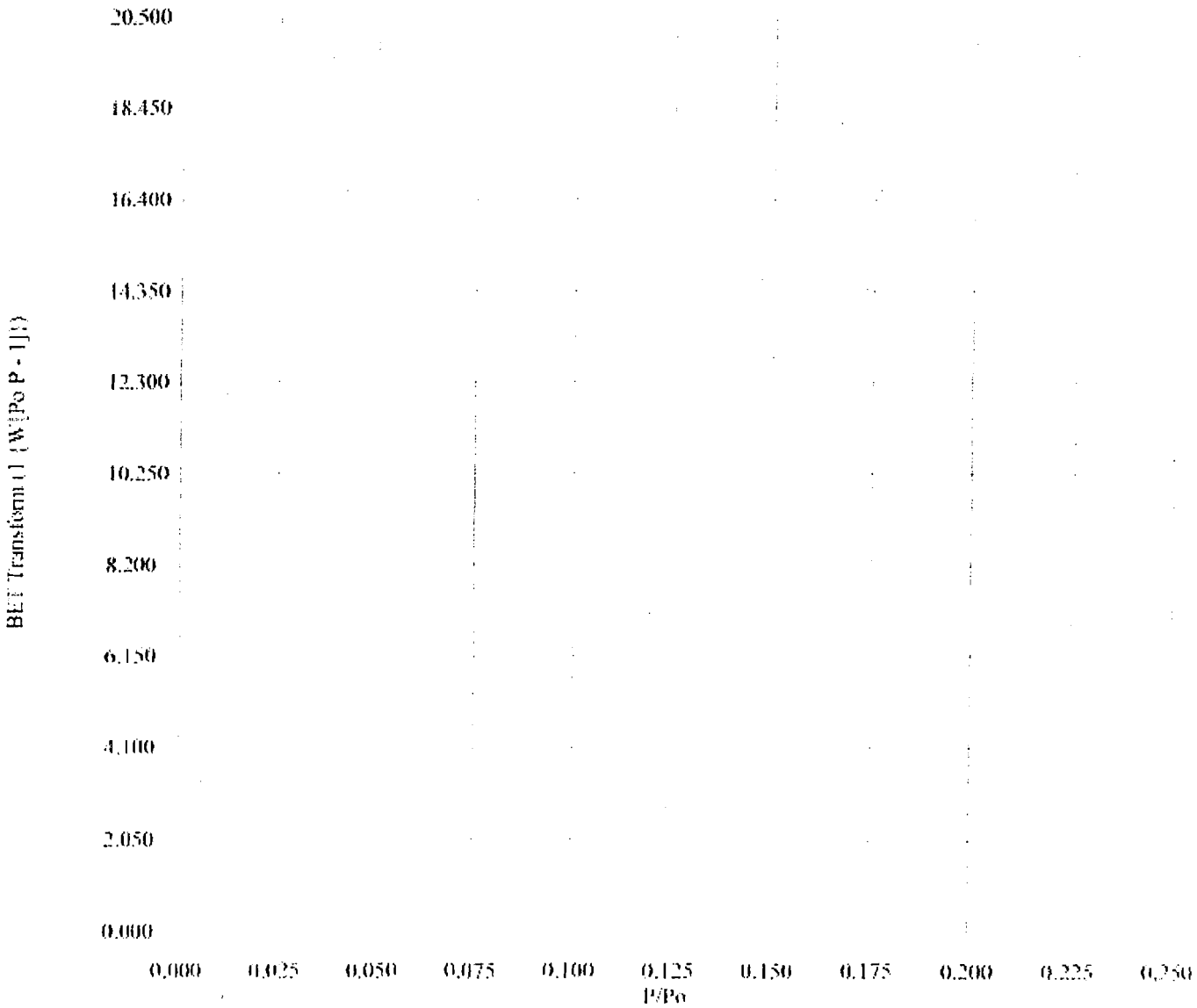
Multi BET (Adsorption)

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

Multi BET (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)	Cummulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cummulative Pore Volume (cc/g e-03)
493.163916	17391.094142	24.919331
159.193595	17345.537001	23.795974
100.550384	17183.526544	22.506423
75.665592	16843.759637	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	7758.633236	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

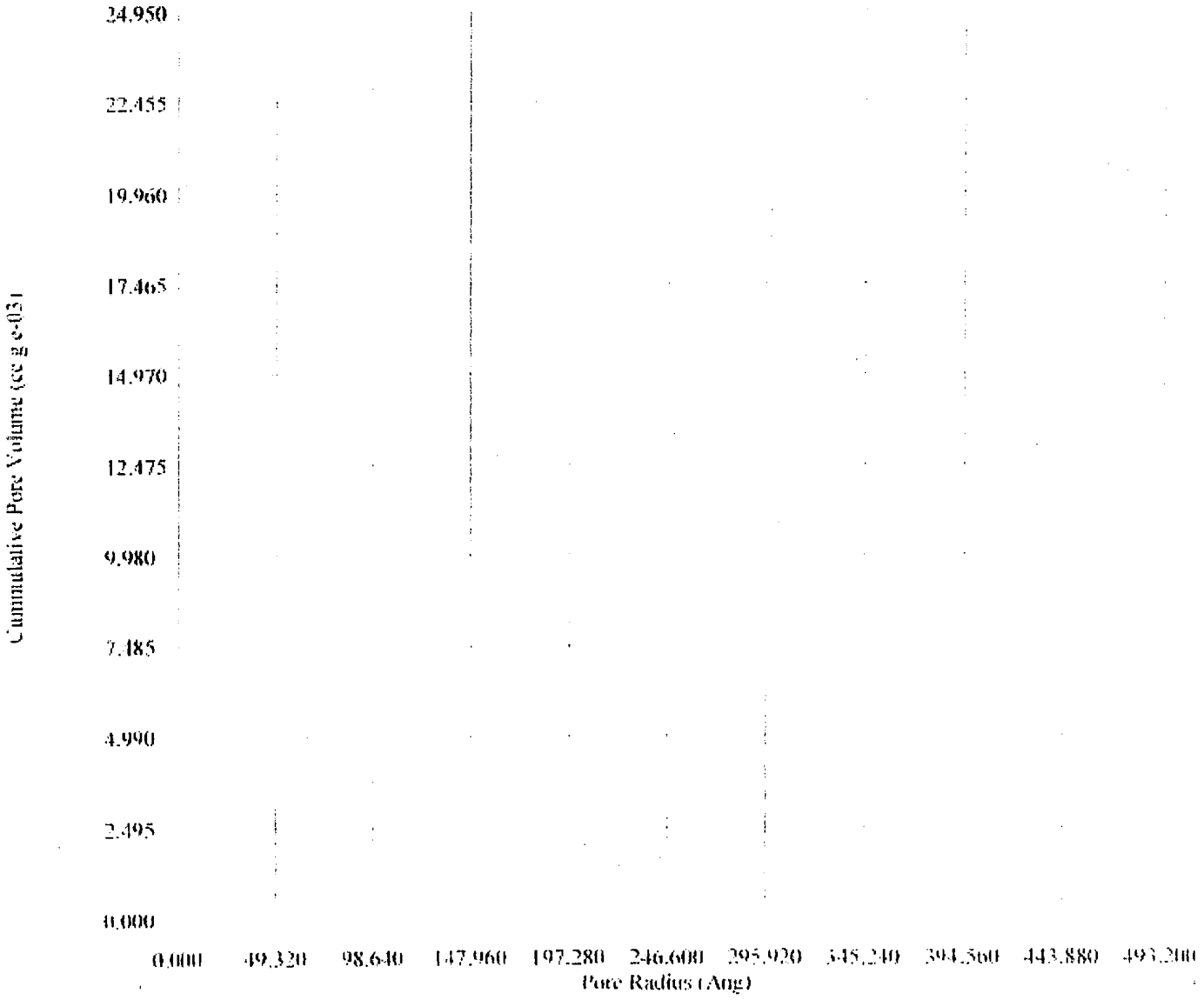
Total Pore Volume is 36.977381 e-03 cc/g for all pores less than 757.827573 Angstrom.

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

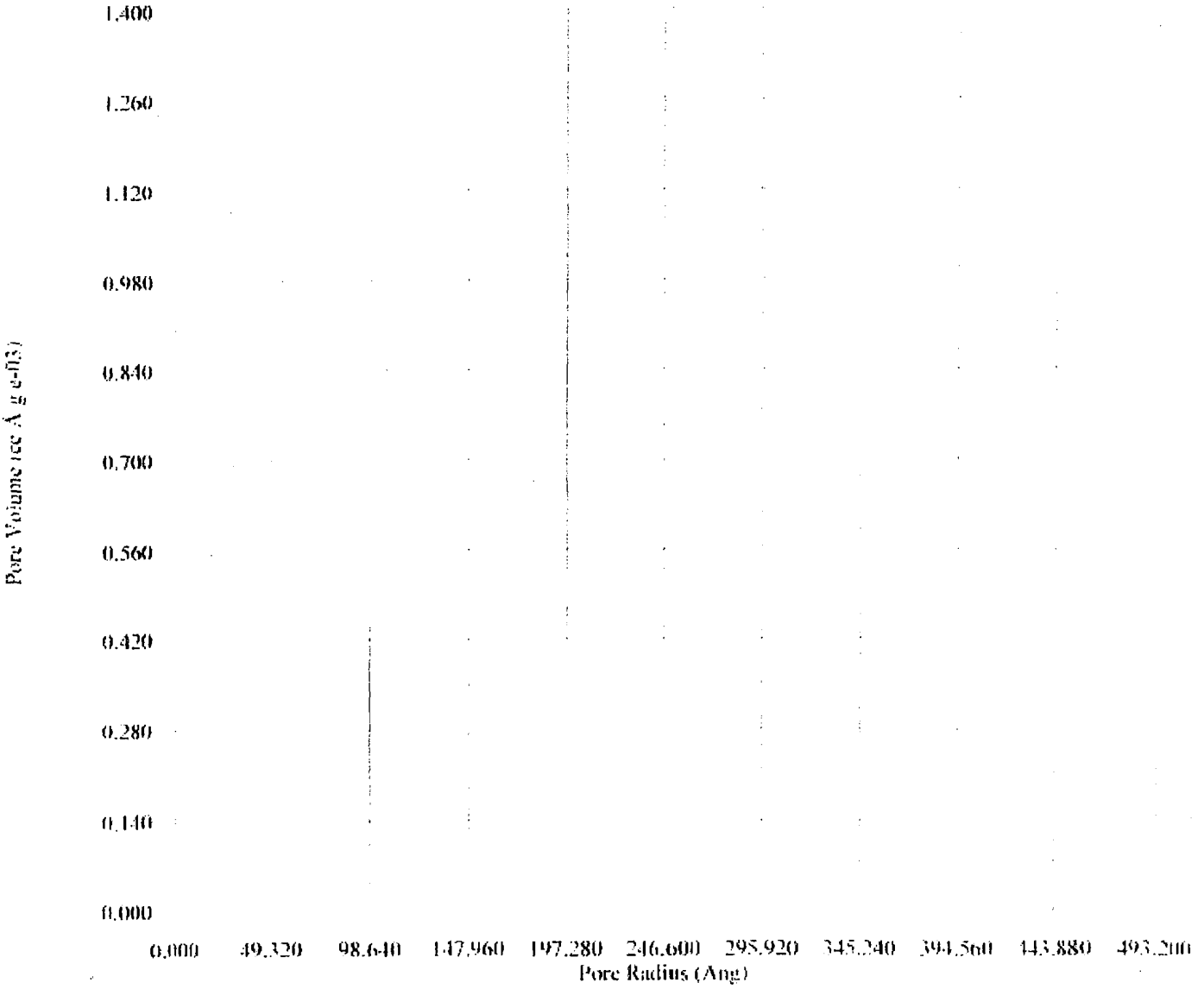
BJH (Adsorption)



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

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

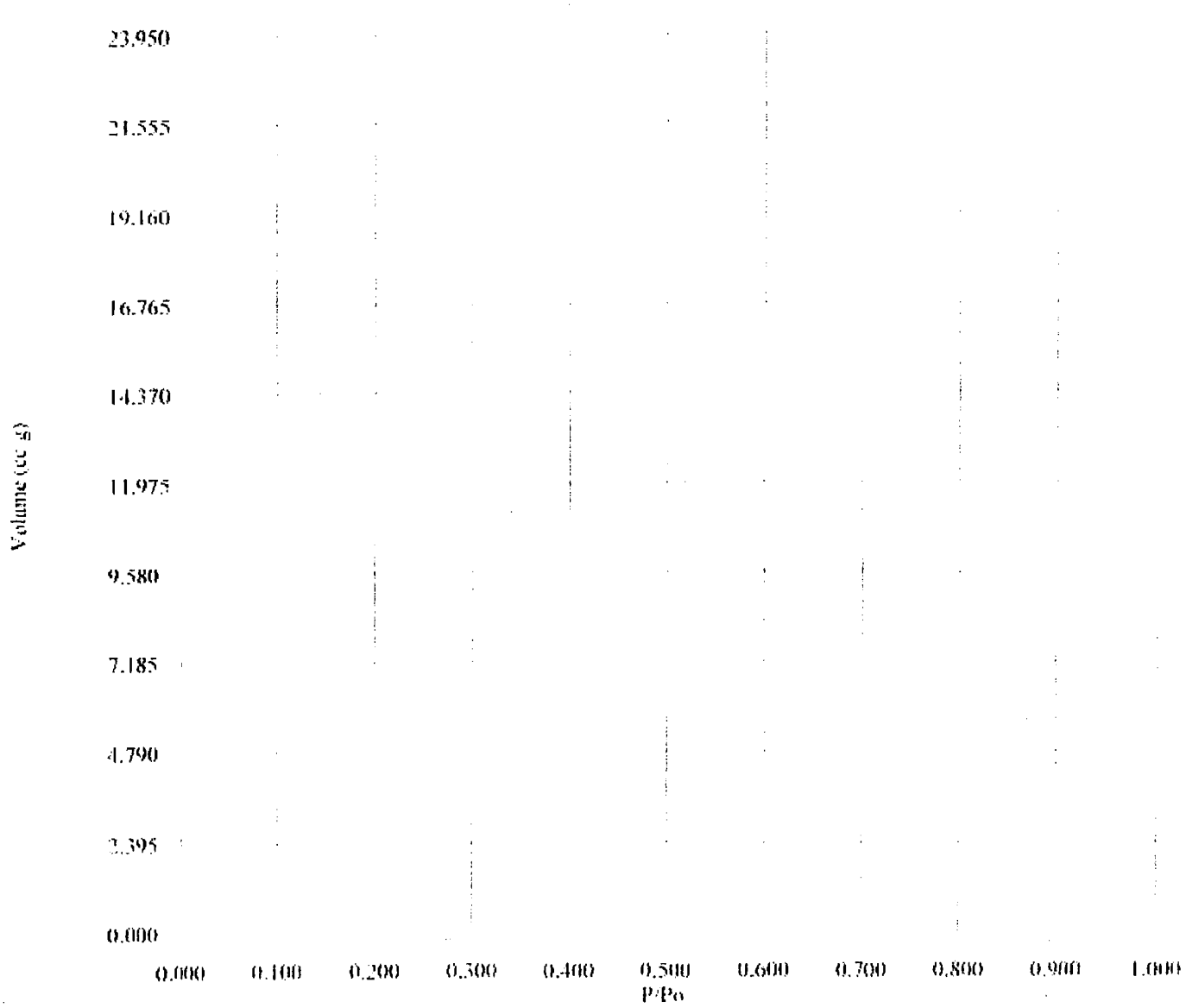
ISOTHERM (Adsorption)

P/Po	Volume (cc/g)
0.043426	9.323565
0.073551	10.113145
0.151193	11.538035
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
0.655938	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 = 617e.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 617d.dat

User ID		User Setup	5
Sample ID	617/P/KA ID	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

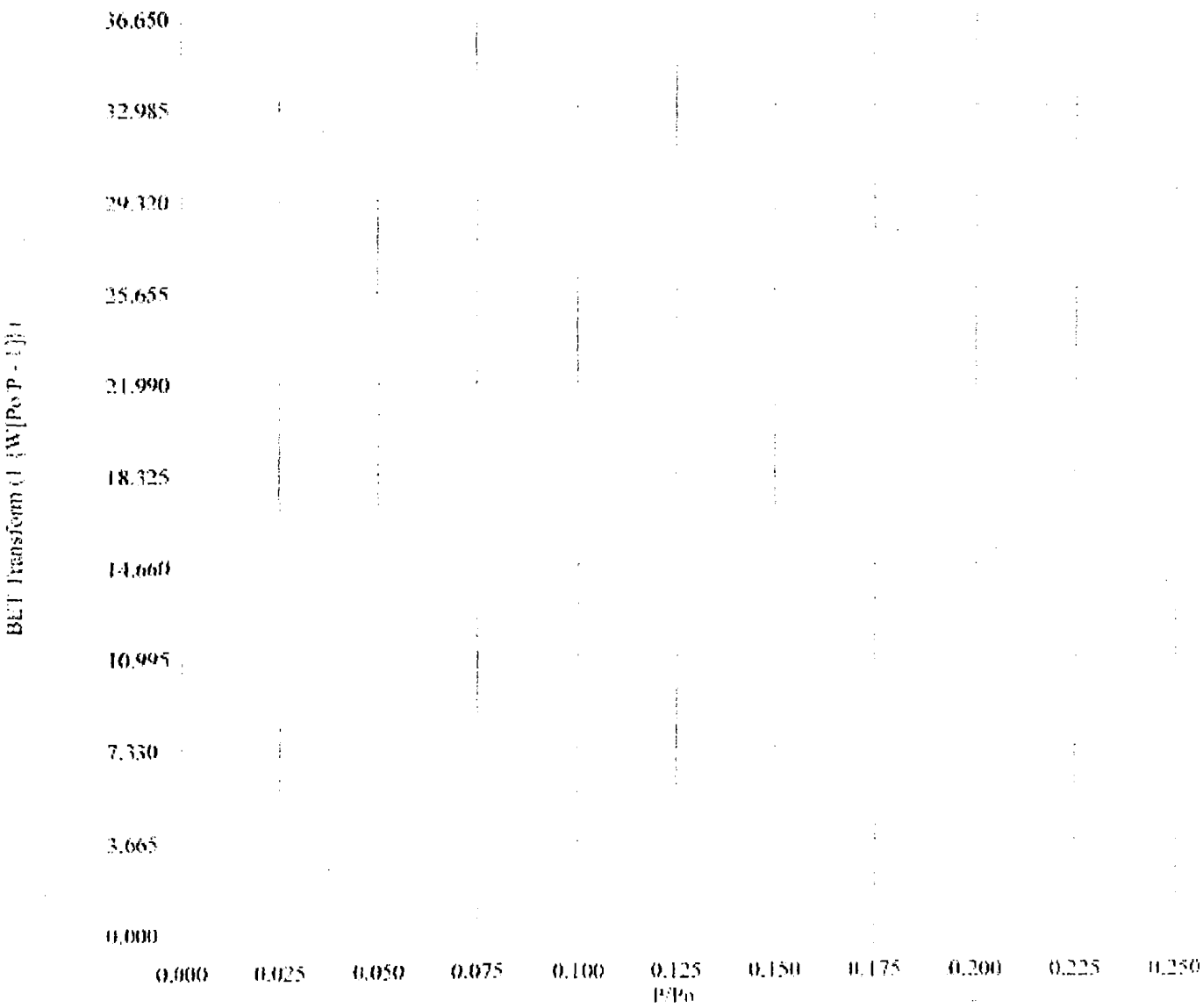
Multi BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform (1/[W[Po/P - 1]])
0.041766	7.009993
0.074668	11.487385
0.143106	21.043020
0.197676	28.874230
0.248808	36.603883
Slope	142.605287
Intercept	0.867162
Correlation Coefficient	0.999841
BET C	165.450628
Surface Area	8.738305 sq m
Specific Surface Area	24.273068 sq m/g

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	617PKA 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

BJH (Adsorption)

Pore Radius (Ang)	Cummulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cummulative Pore Volume (cc/g e-03)
713.192496	10955.120724	14.264299
174.076608	10937.991889	13.653491
106.275787	10864.301496	13.013102
77.283625	10736.352814	12.332210
60.677299	10570.809581	11.692521
49.055049	10567.081764	11.681211
41.968236	10213.174822	10.813165
37.471780	9972.467135	10.308061
32.937703	9560.725287	9.536626
29.000748	9019.169020	8.644745
26.232179	8310.051847	7.616499
24.277420	7877.575503	7.049259
22.141219	7241.446661	6.277081
20.282840	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 1173.352408 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

DVR (Adsorption)

Pore Radius (Ang)	Pore Area (sq m/Å/g e-03)	Pore Volume (cc/Å/g e-03)
713.192496	0.017470	0.000623
174.076608	0.753929	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	59.917984	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	421.958377	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

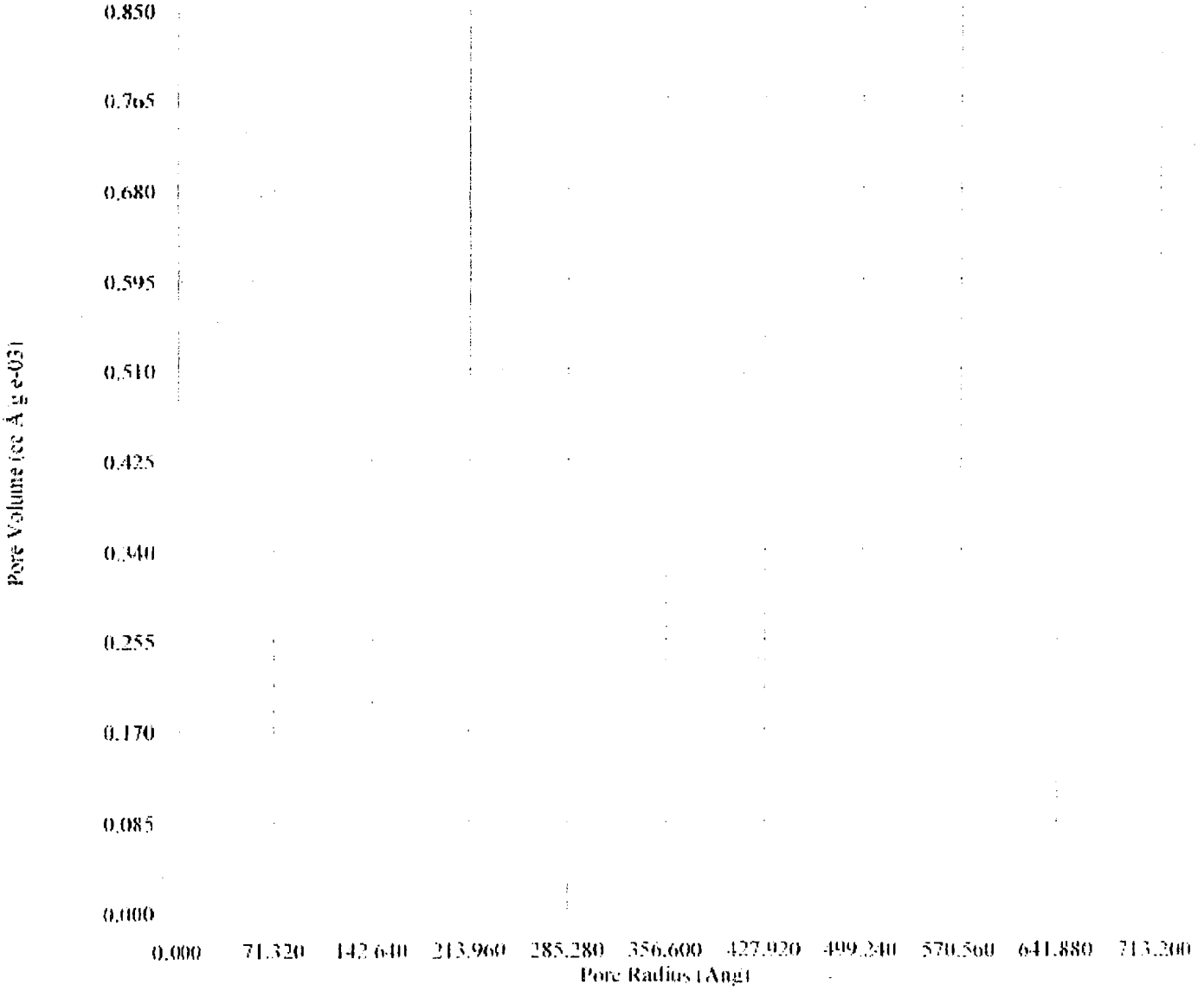
Total Pore Volume is 20.566452 e-03 cc/g for all pores less than 1173.352108 Angstrom.

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/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

DVR (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

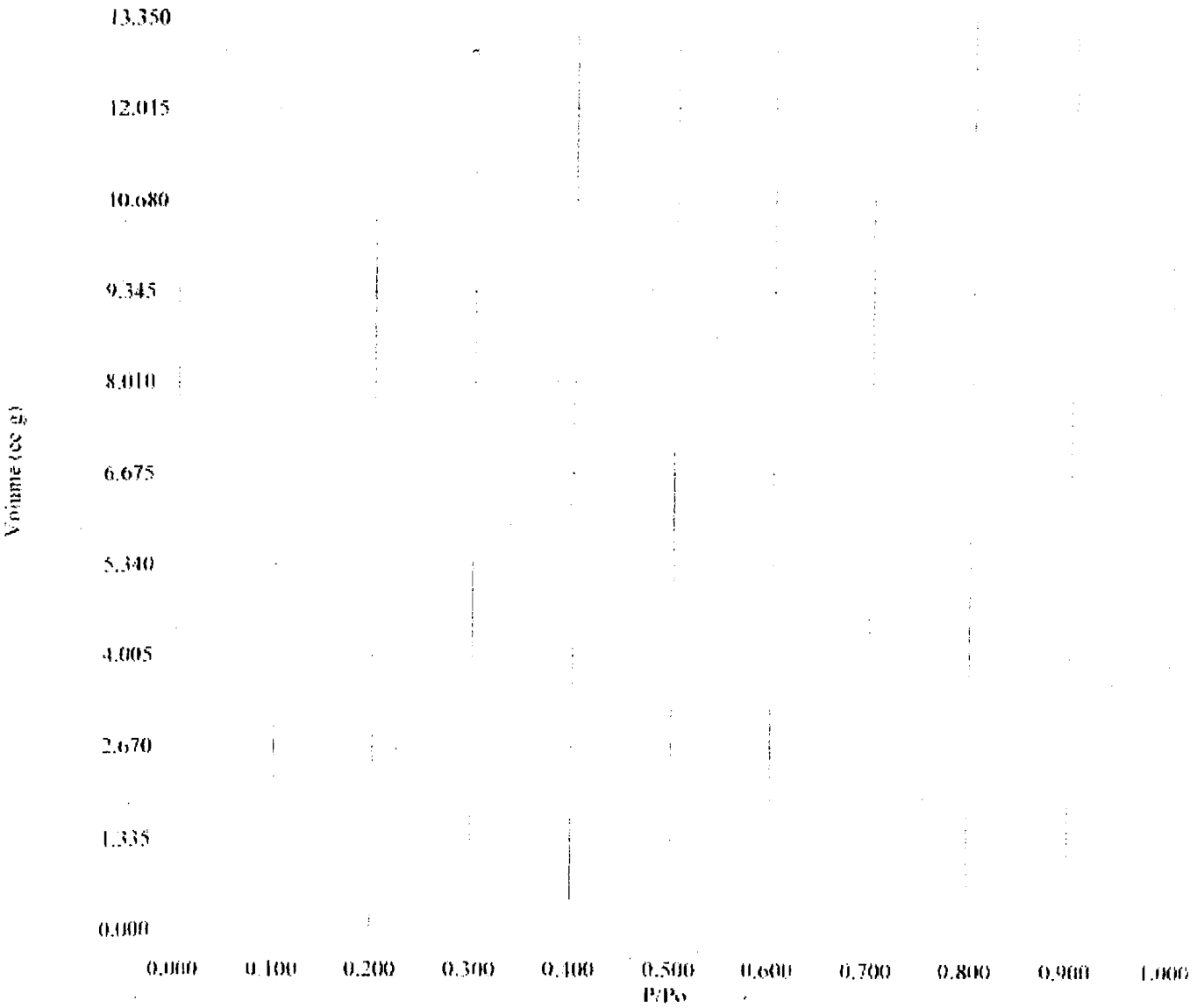
ISOTHERM (Adsorption)

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
0.436179	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/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)



LAMPIRAN

7

LAMPIRAN

PERATURAN PEMERINTAH
NOMOR 82 TAHUN 2001
TANGGAL 14 DESEMBER 2001

TENTANG

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Tempelatur	°C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan almiahnya
Residu Terlarut	mg/ L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvesional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/ L
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO 3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH3
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L

Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Khlorida	mg/l	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO2_N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belereng sebagai H2S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H2S <0,1 mg/L
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml / 100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100 ml
-Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
-RADIOAKTIVITAS						
- Gross-A	Bq /L	0,1	0,1	0,1	0,1	
- Gross-B	Bq /L	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug /L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug /L	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol	ug /L	1	1	1	(-)	
sebagai Fenol						
BHC	ug /L	210	210	210	(-)	
Aldrin / Dieldrin	ug /L	17	(-)	( )	(-)	
Chlordane	ug /L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug /L	2	2	2	2	
Heptachlor dan	ug /L	18	(-)	(-)	(-)	
heptachlor epoxide						
Lindane	ug /L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxyclor	ug /L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug /L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug /L	5	(-)	(-)	(-)	

LAMPIRAN

8

STANDAR
24

SK SNI M-31-1990-03

METODE PENGUJIAN KADAR MERKURI DALAM AIR DENGAN ALAT SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM SECARA ATOMISASI DINGIN

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

DAFTAR RUJUKAN

1. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation,
   1985 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.16 th Edition, APHA, Washington D.C.

2. Depatemen Pekerjaan Umum,
   1989 Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air. Nomor SK SNI M-02-1989-F, Yayasan LPMB, Bandung.

" Hak Cipta dilindungi Undang-Undang "

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

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 4
2.2.1 Pengujian Merkuri Terlarut 4
2.2.2 Pengujian Merkuri Total 4
2.3 Persiapan Pengujian 4
2.3.1 Pembuatan Larutan Induk Merkuri, Hg 4
2.3.2 Pembuatan Larutan Baku Merkuri, Hg 5
2.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi 5
2.4 Cara Uji 5
2.5 Perhitungan 6
2.6 Laporan 6

I. DESKRIPSI

1.1 Maksud dan Tujuan

1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pelaksanaan pengujian kadar merkuri, Hg dalam air.

1.1.2 Tujuan

Tujuan metode pengujian ini untuk memperoleh kadar merkuri terlarut dan merkuri total dalam air.

1.2 Ruang Lingkup

Lingkup pengujian meliputi:

1) cara pengujian kadar merkuri terlarut dan merkuri total yang terdapat dalam air antara 0,6-15 µg/L;
2) penggunaan metode atomisasi dingin dengan alat spektrofotometer serapan atom (SSA) pada panjang gelombang 253,6 nm.

1.3 Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengujian ini:

1) merkuri terlarut adalah ion merkuri dalam air yang dapat lolos melalui saringan membran berpori 0,45 µm;
2) merkuri total adalah jumlah unsur merkuri 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.

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengopi atau mendistribusikan dokumen ini dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari Badan Litbang PU dan Penerbit.

II. CARA PELAKSANAAN

2.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji

2.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan terdiri atas:

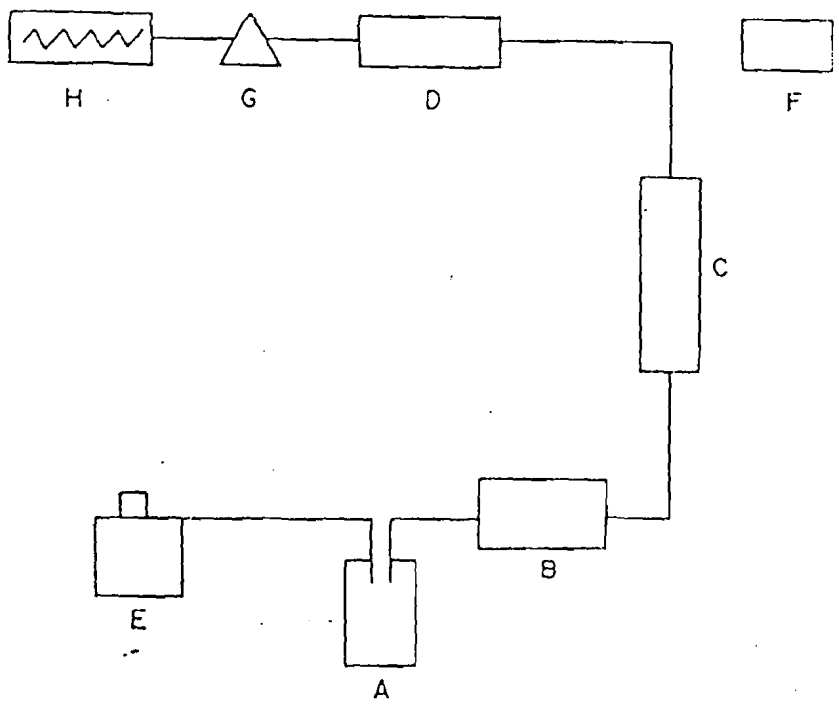
1) spektrofotometer serapan atom sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang antara 190-870 nm dan lebar celah antara 0,2-2 nm, dan telah dikalibrasi pada saat digunakan, serta mempunyai perlengkapan analisis merkuri (lihat Gambar 1);
2) pemanas listrik yang dilengkapi pengatur suhu;
3) pengaduk magnet yang dilengkapi pengatur kecepatan putar tetap;
4) labu ukur 100 dan 1000 mL;
5) labu erlenmeyer 250 mL;
6) gelas ukur 100 mL;
7) pipet seukuran 10 mL;
8) pipet ukur 10 mL;
9) pipet mikro 25 dan 50 µL;
10) botol gelas 250 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 Hg 1,0 g atau kemasan larutan induk Hg 1000 mg/L;
2) larutan kalium permanganat, $KMnO_4$, 5%;
3) larutan kalium persulfat, $K_2S_2O_8$, 5%;
4) larutan NaCl-hidroksilamin sulfat 12%;
5) larutan stano klorida, $SnCl_2$, 10%;
6) asam nitrat, HNO_3, pekat;
7) magnesium klorat, $MgClO_4$;
8) saringan membran berpori 0,45 µm;
9) asam sulfat, H_2SO_4, pekat.

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruhnya dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari Badan Litbang PU dan Penerbit



GAMBAR 1
SKEMA PERLENGKAPAN ANALISIS MERKURI

Keterangan:

A : Bejana untuk benda uji
B : Tabung penyaring berisi $MgClO_4$
C : Pengukur aliran udara
D : Sel penyerap
E : Kompresor udara
F : Lampu merkuri
G : Detektor
H : Rekorder

Dilarang mengandakan sebagian atau seluruhnya dengan apapun tanpa ijin tertulis dari Badan Standar Nasional

2.2 Persiapan Benda Uji.

2.2.1 Pengujian Merkuri 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) ukur 125 mL contoh uji secara duplo dan saring dengan saringan membran berpori 0,45 µm, air saringan merupakan benda uji;
3) masukkan benda uji ke dalam botol gelas yang bersih;
4) benda uji siap diuji.

2.2.2 Pengujian Merkuri 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 dan ukur 100 mL secara duplo, kemudian masukkan masing-masing ke dalam labu erlenmeyer 250 mL;
3) tambahkan ke dalam labu erlenmeyer masing- masing 5 mL larutan asam sulfat pekat, 2,5 mL asam nitrat pekat dan 15 mL larutan $KMnO_4$ 5%, serta biarkan 15 menit;
4) tambahkan ke dalam labu erlenmeyer masing- masing 8 mL larutan kalium persulfat 5%;
5) panaskan labu erlenmeyer tersebut 95° C diatas penangas air selama 2 jam;
6) dinginkan, kemudian tambahkan larutan hidroksilamin sampai warna merah dari larutan hilang;
7) encerkan lagi dengan air suling sampai volumenya 100 mL;
8) benda uji siap diuji.

2.3 Persiapan Pengujian

2.3.1 Pembuatan Larutan Induk Merkuri, Hg

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

1) tuangkan larutan logam Hg 1,0 g dari kemasan ke dalam labu ukur 1000 mL dan tambahkan 1,5 mL HNO_3 pekat;

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruhnya dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari Badan Litbang PU dan Penerbit.

2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera.

2.3.2 Pembuatan Larutan Baku Merkuri, Hg

Buat larutan baku merkuri dengan tahapan sebagai berikut:

1) pipet 10 mL larutan induk merkuri 1000 mg/L dan masukkan ke dalam labu ukur 100 mL;
2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh larutan merkuri 100 mg/L;
3) pipet 0, 25, 50, 75 dan 100 uL larutan merkuri 100 mg/L dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 1000 mL;
4) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar merkuri 0; 2,5; 5,0; 7,5 dan 10,0 ug/L.

2.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut:

1) atur alat SSA dan perlengkapannya serta optimalkan untuk pengukuran merkuri sesuai dengan petunjuk penggunaan alat;
2) masukkan 100 mL larutan baku ke dalam bejana masing-masing secara duplo untuk setiap kadar larutan;
3) tambahkan masing-masing 5 mL asam sulfat pekat dan 2,5 mL asam nitrat pekat;
4) tambahkan masing-masing 5 mL larutan $SnCl_2$ dan segera tutup bejananya;
5) aduk larutan selama 90 detik dengan pengaduk
6) alirkan udara melalui bejana, dan catat serapan-masuk yang muncul pada rekorder;
7) apabila perbedaan pengukuran secara duplo lebih dari 2% periksa keadaan alat dan ulangi langkah 1) sampai langkah 6), apabila perbedaannya kurang atau sama dengan 2% rata-ratakan hasilnya;
8) buat kurva kalibrasi dari data di atas atau tentukan persamaan garis lurusnya.

2.4 Cara Uji

Lakukan pengujian dengan tahapan sebagai berikut:

1) ukur 100 mL benda uji dan masukkan ke dalam bejana;

2) tambahkan masing-masing 5 mL asam sulfat pekat dan 2,5 mL asam nitrat pekat;
3) tambahkan masing-masing 5 mL larutan $SnCl_2$ dan segera tutup bejananya;
4) aduk larutan selama 90 detik dengan pengaduk magnet;
5) alirkan udara melalui bejana, dan catat serapan-masuk yang muncul pada rekorder.

2.5 Perhitungan

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

1) selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2%, rata- ratakan hasilnya;
2) bila hasil perhitungan kadar merkuri lebih besar dari 15 µg/L, ulangi pengujian dengan mengencerkan benda 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.

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menggandakan sebagian atau seluruhnya dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari Badan Litbang PU dan Penerbit.