

**PENGARUH WAKTU DAN SUHU KARBONISASI PADA
KONVERSI BATUBARA MENJADI KARBON AKTIF
DENGAN CaCl_2 SEBAGAI PENGAKTIVASI
SERTA APLIKASINYA TERHADAP PENJERAPAN FENOL**

OLEH :

LALU RIJAL HADI

H 311 96 002



PERPUSTAKAAN PUSAT JURNAL	
Tgl. Terima	
Asal Dari	
Sampulnya	
Marga	
No. Inventaris	
No. ...	

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2002**

SKRIPSI

Oleh :
LALU RIJAL HADI
H 311 96 002



JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2002

**PENGARUH WAKTU DAN SUHU KARBONISASI PADA
KONVERSI BATUBARA MENJADI KARBON AKTIF DENGAN
CaCl₂ SEBAGAI PENGAKTIVASI SERTA APLIKASINYA
TERHADAP PENJERAPAN FENOL**

Oleh :

**LALU RIJAL HADI
H 311 96 002**

*Skripsi ini untuk melengkapi tugas akhir dan
memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana*

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2002**

**PENGARUI WAKTU DAN SUHU KARBONISASI PADA
KONVERSI BATUBARA MENJADI KARBON AKTIF DENGAN
CaCl₂ SEBAGAI PENGAKTIVASI SERTA APLIKASINYA
TERHADAP PENJERAPAN FENOL**

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Prastawa Budi
NIP. 131 802 888

Pembimbing Pertama



Drs. Maming, Msi
NIP. 131 846 403

Tanggal Pengesahan : _____ September 2002

*“Kepada kedua orang tuaku dan saudara-saudaraku
yang selalu mendoakan keberhasilanku
karya ini kupersembahkan untuk mereka”*

".....Katakanlah : "Apakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui? sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran "

(QS. Az-zumar : 9)

"...Allah meninggikan orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu, beberapa derajat"

(QS. Al Mujadallah : 11)

"O My Lord , Advance me in knowledge "
(QS. Thaahaa : 114)

KATA PENGANTAR

Assalamu Alaikum Wr.Wb.

Syukur Alhamdulillah Rabbil Aalamin terucap bagi kemuliaan, keagungan dan keridhaan-Nya, mengeksitasikan hati terdelokalisasi salju dan embun. Segala puji bagi-Mu, pencipta Nur "cahaya di atas cahaya" yang menciptakan langit dan bumi serta jiwa dan penyempurnaannya dalam pencarian setetes ilmu. Pada banyak keajaiban manusia tentang kehidupan yang berkaitan dengan tanah, terhampar daratan yang rawan dan juga misterius....suatu kerajaan bertopal batas di dinding alam.

Dan tiada kata yang paling indah penulis ucapkan selain puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Dalam kesederhanaannya tulisan ini telah tampil bersahaja dan paripurna bagi penulis, karena begitu jauh rentang waktu dan perjalanan panjang yang harus dilalui, tak terbilang uluran tangan yang datang tanpa mampu untuk dibalas, serta begitu banyak harap dan doa yang menyertai hingga skripsi ini dapat dirampungkan. Penulis dengan rasa syukur yang sedalam-dalamnya menghaturkan sembah sujud dan terimakasih yang tak terhingga serta penghargaan yang setulus-tulusnya kepada yang tercinta Ayahanda Lalu Sahman dan Ibunda Baiq Sriwathi yang telah mengasuh,

mendidik dan membimbing dengan penuh kasih sayang, atas segala doanya, semoga Allah yang maha mulia memberikan kemuliaan atas apa yang telah beliau berikan, semoga penulis termasuk orang yang berbakti kepadamu dan memegang amanahmu dunia dan akhirat.

Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kesempurnaan dan tidak dapat terwujud tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh itu dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan penghargaan, rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Ir. Prastawa Budi dan Bapak Drs. Maming, MSi selaku pembimbing yang telah dengan tulus ikhlas meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan petunjuk dan arahan kepada penulis sejak dari persiapan penelitian hingga selesainya penulisan skripsi ini. Kepada Bapak Muh.Sakir, SSi. MSi. serta Ibu Dr. Paulina Taba, M.Phil., penulis ucapkan terimakasih atas dukungan dan saran-sarannya. Terimakasih kepada Bapak Dr.H.A.S. Kumanireng, MSc., Bapak H. Musa Ramang, Msi., Ibu Dra. Hj. Seniwati Dali, Msi., serta Ibu Dra. Hj. Rohani Bahar, Msi., sebagai tim penguji ujian sidang dan atas ilmu yang telah diberikan selama penulis menuntut ilmu di Jurusan Kimia, semoga Allah memberi balasan yang mulia.

Kepada yang terkasih saudara-saudaraku yang selalu memberi semangat dan dukungan, Kak Ir. Lalu Wariandi, K'Sumiati, Kak Amok, K'Adi, K'Awan, K'Sri, K'Mus, K'Aulia, dan semua keluarga di Pulau Pedas yang selalu menanti penulis selama menuntut ilmu. Terkhusus kepada Bq. Wahyuni (K'Yanti), K' Andi Abdillah terimakasih atas dukungan serta bantuannya selama penulis berada di Makassar.

Kepada rekan-rekanku yang selalu setia dalam masa studi, Ridwan, Mahfud, Djoko, Ramli, Milo dan semua teman-teman kimia 96, sungguh sulit rasanya penulis mengungkapkan akhir kebersamaan ini, setelah sekian lama bersama dalam suka dan duka. Saudara-saudaraku tercinta yang selalu memberi semangat dan mendukung penulis selama menuntut ilmu hingga menyelesaikan skripsi ini, Sutikno, Dindin, Taufik, Mustafa, Idin, Azwar, dan semua ikhwah MKN penulis berharap semoga persaudaraan kita langgeng dunia akhirat walaupun kita sudah tidak bersama lagi, penulis juga tidak lupa mengucapkan terimakasih kepada saudari-saudariku K' Ayu Gunawati, Ad' Zahratun Nujumah (Atoen), Ad' Herawati (Hera), Ad' Safarni Husain (Titin) atas bantuannya selama ini semoga Allah Yang Maha Pemurah memberikan balasan sebaik-baiknya.

Akhir kata sebagai manusia biasa yang tidak pernah luput dari khilaf dan salah, dengan segala kekurangan skripsi ini penulis persembahkan buat almamater tercinta sebagai suatu karya, semoga dapat memberikan manfaat bagi yang membutuhkannya.

Wassalam.

Makassar, September 2002

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR SIMBOL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Maksud Penelitian	3
C. Tujuan penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Tinjauan Umum Tentang Batubara	
A.1. Pembentukan Batubara	4
A.2. Analisis Batubara	7
A.3. Batubara di Indonesia	9
A.4. Struktur Kimia Batubara	10
B. Tinjauan Tentang Karbon Aktif	
B.1. Definisi Karbon aktif	12
B.2. Sifat-sifat Karbon Aktif	14
B.2.1. Struktur karbon Aktif	14
B.2.2. Pori-pori karbon Aktif	15

B.3. Pembuatan Karbon Aktif	15
B.3.1. Metode Thermal	16
B.3.2. Metode Kimia	18
C. Tinjauan Umum Tentang Adsorpsi	
C.1. Penjerapan secara Fisika	18
C.2. Penjerapan Secara Kimia	19
D. Teori Adsorpsi Freundlich	19
E. Teori Adsorpsi Langmuir	20
F. Tinjauan Umum Tentang Fenol	21
G. Spektrofotometri UV/Vis	22
H. Mikroskop Polarisasi	23
 BAB III. ALAT, BAHAN, DAN METODOLOGI PENELITIAN	
A. Alat-alat yang digunakan	25
B. Bahan-Bahan yang digunakan	26
C. Metode Penelitian	26
C.1. Sintesis Karbon Aktif	26
C.2. Penjerapan Fenol pada Karbon Aktif	26
C.2.1. Variasi Konsentrasi	27
C.2.1. Variasi Waktu	27
C.3. Penjerapan Fenol oleh Karbon Aktif dengan variasi suhu dan waktu karbonisasi	27
D. Uji Mutu Karbon Aktif	28
D.1. Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	28
D.2. Kadar Air	28
D.3. Kadar Abu	29
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Mutu karbon aktif	30
B. Analisis fisis	33
C. Penentuan model kurva adsorpsi	35

D. Adsorsi Fenol	37
D.1. Penentuan Waktu Optimum	37
D.2. Penentuan Waktu dan suhu Karbonisasi Optimum Karbon Aktif terhadap Adsorpsi Fenol	39
 BAB IV. PENUTUP	
A. KESIMPULAN	42
B. SARAN	42
 DAFTAR PUSTAKA	
	43
LAMPIRAN	45

DAFTAR SIMBOL

A	: absorban
Λ°	: amstrong, satuan per 10^{-10} meter
a	: koefisien absorptivitas dalam persamaan Lambert-Beer
b	: panjang medium adsorpsi
C	: konsentrasi
cm	: centimeter
g	: gram
Ka	: tetapan asam lemah
L	: liter
M	: logam
m	: jumlah adsorben dalam persamaan Langmuir/Freundlich
mg	: miligram
mL	: mililiter
nm	: nanometer
P _o	: intensitas sinar datang
P	: intensitas sinar terserap
T	: suhu
t	: waktu
x	: konsentrasi bahan yang teradsorpsi dalam persamaan Freundlich
λ	: panjang gelombang
μ	: mikron, bagian per 10^{-6} meter

DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
Gambar I. Skema proses pembentukan batubara (Fuchman, 1986).	7
Gambar II. Struktur kristal karbon aktif dan grafit	14
Gambar III. Foto analisis batubara sebelum diaktivasi	33
Gambar IV. Foto analisis batubara setelah diaktivasi (karbon aktif)	34
Gambar V. Plot konsentrasi awal larutan fenol terhadap konsentrasi Teradsorpsi per 0,3 gram adsorben	35
Gambar VI. Plot log konsentrasi fenol terhadap log x/m menurut model adsorpsi Freundlich	36
Gambar VII. Plot C/y terhadap konsentrasi awal larutan fenol	37
Gambar VIII. Plot Absorbans larutan Fenol terhadap waktu pengocokan	38
Gambar IX. Plot variasi suhu dan waktu karbonisasi terhadap Absoban Larutan fenol	40

DAFTAR TABEL

		<i>Halaman</i>
Tabel 1.	Type dan pori-pori Karbon Aktif	15
Tabel 2.	Syarat mutu Karbon Aktif	30
Tabel 3.	Hasil uji mutu karbon Aktif dari batubara dengan variasi suhu dan waktu karbonisasi	31

DAFTAR LAMPIRAN

	<i>Halaman</i>
Lampiran 1. Skema sintesis karbon aktif	45
Lampiran 2. Skema penentuan waktu optimum penjerapan fenol	46
Lampiran 3. Diagram analisis jerapan karbon aktif terhadap fenol dengan variasi konsentrasi fenol	46
Lampiran 4. Skema adsorpsi fenol	47
Lampiran 5. Data absorban penentuan waktu optimum penjerapan	48
Lampiran 6. Data absorban jerapan karbon aktif terhadap fenol dengan variasi konsentrasi fenol	48
Lampiran 7. Data absorban jerapan karbon aktif terhadap larutan fenol ...	49
Lampiran 8. Kurva standar larutan fenol	49
Lampiran 9. data nilai kuva adsrpsi Freundlich dan Langmuir	50
Lampiran 10. Tampak depan dan tampak atas UV/VIS tipe. 1610	51
Lampiran 11. Spesifikasi UV/VIS tipe 1610	52
Lampiran 12. Gambar mikroskop polarisasi	54
Lampiran 13. Gambar reaktor baja	55

ABSTRAK

Telah dilakukan studi pembuatan karbon aktif dari batubara dengan pengaktivasi kimia. Proses pembuatannya terdiri atas aktivasi oleh kalsium klorida diikuti dengan karbonisasi dalam reactor baja. Temperatur karbonisasi dilakukan dalam tiga tingkatan yaitu 400 °C, 500 °C, dan 600 °C dengan variasi waktu karbonisasi 1, 2 dan 3 jam. Pola adsorpsi karbon aktif terhadap fenol berdasarkan pola Langmuir atau Freundlich akan dapat ditentukan setelah dilakukan variasi konsentrasi pada kondisi optimum. Pengukuran absorban dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

Kondisi optimum karbonisasi yang diperoleh yaitu 1 jam karbonisasi dan suhu karbonisasi 500 °C dengan absorban terhadap fenol 0.389. Dari hasil menunjukkan bawa kadar air karbon aktif sekitar 4,18 – 8,82 %, zat mudah menguap sekitar 6,31 – 13,27 %, dan kadar abu sekitar 4,92 – 5,98 %. Pola adsorpsi cenderung mengikuti pola Langmuir karena nilai garis kudrat (r^2) kurva liniernya lebih mendekati 1 yaitu 0,9631 sedangkan untuk kurva Freundlich hanya 0,7815.

ABSTRACT

Activated carbons were prepared by chemical activation from coals in this study. The preparation process consisted of Calcium Chloride impregnation followed by carbonization in steel reactor. The treatment temperature for carbonization were at three levels, 400 °C, 500 °C, and 600 °C with variety of carbonization times 1, 2, and 3 hours. The pattern of activated carbons adsorption to phenol solution based on Langmuir or Freundlich pattern, will be decided after the variety of concentration at optimum condition is done. The measurements of absorbance are conducted using UV-VIS Spectrophotometer.

The result of optimum carbonization is 1 hour and temperature 500 °C with absorbance of Phenol of 0.389. The result shows that the moisture content of activated carbons range from 4.18 to 8.82 %, volatile matter from 6.31 to 13.27 %, and ash content from 4.92 to 5.98 %. Pattern of adsorption disposed to follow Langmuir pattern because the quadratic line of its linear curve is closer to 1, that is 0.9631 than Freundlich curve that is only 0.7815.

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Dewasa ini industri di Indonesia cukup pesat pertumbuhannya. Sejalan dengan kemajuan tersebut industri yang membutuhkan karbon aktif juga semakin meningkat (Pohan, 1993). Penggunaan karbon aktif sebagai bleaching dalam industri makanan, minuman, farmasi, air limbah dan lain-lain dewasa ini semakin meningkat (Pari, 1991).

Menurut Kirk and Othmer (1964), pada umumnya bahan baku karbon yang terdapat pada binatang (daging dan tulang), tanaman (kayu ringan, kayu berat, sekam padi, kulit kacang, bagas dan lignin) atau mineral (petroleum, residu, karbon black) dapat dijadikan karbon aktif. Tulang, kayu, peat, lignite, umumnya digunakan untuk penyerap warna, sedang tempurung kelapa, batu bara dan residu petroleum untuk penyerap gas (Pohan, 1993). Telah diketahui bahwa karbon aktif efektif untuk digunakan dalam pengolahan limbah sebagai adsorbent senyawa organik seperti fenol, pestisida, karena mempunyai sifat adsorbtivitas yang cukup tinggi, sedang kan untuk ion logam kurang efektif.

Struktur pori pada daerah permukaan dan volume pori merupakan hal yang penting dalam sifat penjerapan karbon aktif. Umumnya, karbon aktif dengan luas permukaan yang besar dan sifat penjerapan tinggi, mempengaruhi besarnya penjerapan. Parameter yang dapat mempengaruhi distribusi ukuran akhir pori adalah metode aktivasi. Pada dasarnya terdapat dua proses untuk mengaktivasi

karbon, yaitu aktivasi secara fisika dan aktivasi secara kimia. Aktivasi secara fisika terdiri atas proses karbonisasi material dasar dan selanjutnya gasifikasi yang menghasilkan arang. Metode aktivasi secara kimia, terdiri atas proses karbonisasi pada suhu relatif rendah (400-700^oC) dengan penambahan zat pendehidrasi seperti ZnCl₂, KOH dan H₃PO₄ (Teng, dan Yeh, 1998).

Batubara merupakan sedimen batuan organik dengan komposisi utama karbon, hydrogen, dan oksigen. Sebagai barang komoditi, batubara telah diperdagangkan sejak Jaman Romawi yang dipergunakan sebagai bahan bakar. Cadangan batubara di Indonesia cukup potensial, yaitu sekitar 35.800.000.000 ton yang tersebar di beberapa pulau terutama Sumatera dan Kalimantan sedang sisanya tersebar di Irian Jaya, Sulawesi dan Jawa (Budi, 1999). Dengan kandungan unsur karbon yang cukup tinggi dan cadangan batubara yang besar, maka perlu dikaji pemanfaatan batubara sebagai karbon aktif.

Penelitian mengenai pembuatan karbon aktif batubara dengan zat pengaktif ZnCl₂ telah dilakukan oleh Teng dan Yeh. Dalam Penelitian ini akan disintesis karbon aktif dari batubara dengan metode aktivasi kimia menggunakan pengaktifan CaCl₂ di mana CaCl₂ adalah zat yang bersifat higroskopis, pendehidrasi yang murah dan bisa disintesis sendiri dengan bahan dasar kapur tohor (CaCO₃).



B. Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi optimum pembuatan karbon aktif dari batubara dengan menggunakan pengaktivasi CaCl_2 .

C. Tujuan Penelitian

1. Membuat karbon aktif dari batubara dengan pengaktivasi CaCl_2
2. Menentukan temperatur optimum karbonisasi berdasarkan daya jerap terhadap larutan fenol.
3. Menentukan waktu optimum karbonisasi berdasarkan daya jerap terhadap larutan fenol.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai manfaat karbon aktif dari batubara dengan pengaktivasi CaCl_2 sebagai bahan penjerap.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum tentang Batubara

A.1. Pembentukan Batubara

Batubara adalah batuan fosil yang mudah terbakar, terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan selama periode yang panjang (puluhan juta tahun yang lalu). Sisa-sisa tumbuhan dapat berasal dari lumut, ganggang, kayu, akar, batang, ranting, daun, biji-bijian, spora, tepung sari dan sebagainya, yang merupakan sumber dari selulose, karbohidrat, lignin, protein, dan lemak.

Selain terbentuk dari senyawa-senyawa organik, batubara juga mengandung senyawa-senyawa anorganik terutama unsur mineral yang berasal dari lempung, pasir kuarsa, batu kapur dan sebagainya. (Fandi, 1984 dan Fudsmann, 1986)

Dengan adanya peristiwa kimia dan fisika, sisa-sisa tumbuhan ini akan hancur, menggumpal, bersatu dengan yang lain, kemudian membentuk lapisan-lapisan batubara.

Peristiwa kimia yang terjadi pada pembentukan batubara merupakan perubahan yang sangat rumit dan kompleks dari senyawa-senyawa penyusun struktur tumbuhan, misalnya pelepasan air, CO₂, dan CH₄. sedangkan peristiwa fisika yang terjadi adalah penggelapan warna, pegerasan, dan sebagainya. (Fandi, 1984)

Perbedaan sifat batubara dapat terjadi karena adanya jenis dan sifat yang berbeda dari tumbuhan asalnya, tingkat pembusukan tumbuhan yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dan faktor geologi yang dipengaruhi oleh panas dan tekanan.

Pembentukan batubara terbagi atas dua tahap (Collin, 1984), yaitu :

a. Periode Biokimia

Dalam periode biokimia terjadi pembusukan dan penguraian sisa- sisa tumbuhan yang telah mati oleh aktivitas mikroorganisme. Pada mulanya pembusukan dan penguraian dilakukan oleh mikroorganisme acrob yang menyebabkan senyawa penyusun struktur tumbuhan mengalami oksidasi dan hidrolisis menjadi senyawa-senyawa koloid hidrosol. Senyawa yang terbentuk akan membentuk suatu lapisan yang bergerak turun ke bawah permukaan lumpur. Apabila lapisan telah terendam di bawah lumpur, maka seluruh kegiatan pembusukan oleh mikroorganisme acrob akan terhenti. Selanjutnya kegiatan pembusukan ini akan dilakukan oleh mikroorganisme anaerob. Proses pembusukan berlangsung terus menerus dengan sangat lambat hingga membentuk endapan gambut yang dapat mencapai ketebalan beberapa kaki (feet) (Edgar, 1983, Kirk, 1949, dan Krevelen, 1981)

b. Periode Geokimia

Periode geokimia atau metamorfosis merupakan suatu periode terjadinya perubahan lapisan endapan gambut menjadi berbagai tingkat batubara, mulai dari tingkat terendah hingga tingkat tertinggi, antara lain adalah lignit (brown coal), subbituminous, bituminous, semi antrasit, dan antrasit (black coal) (Edgar, 1983 dan Krevelen, 1981).

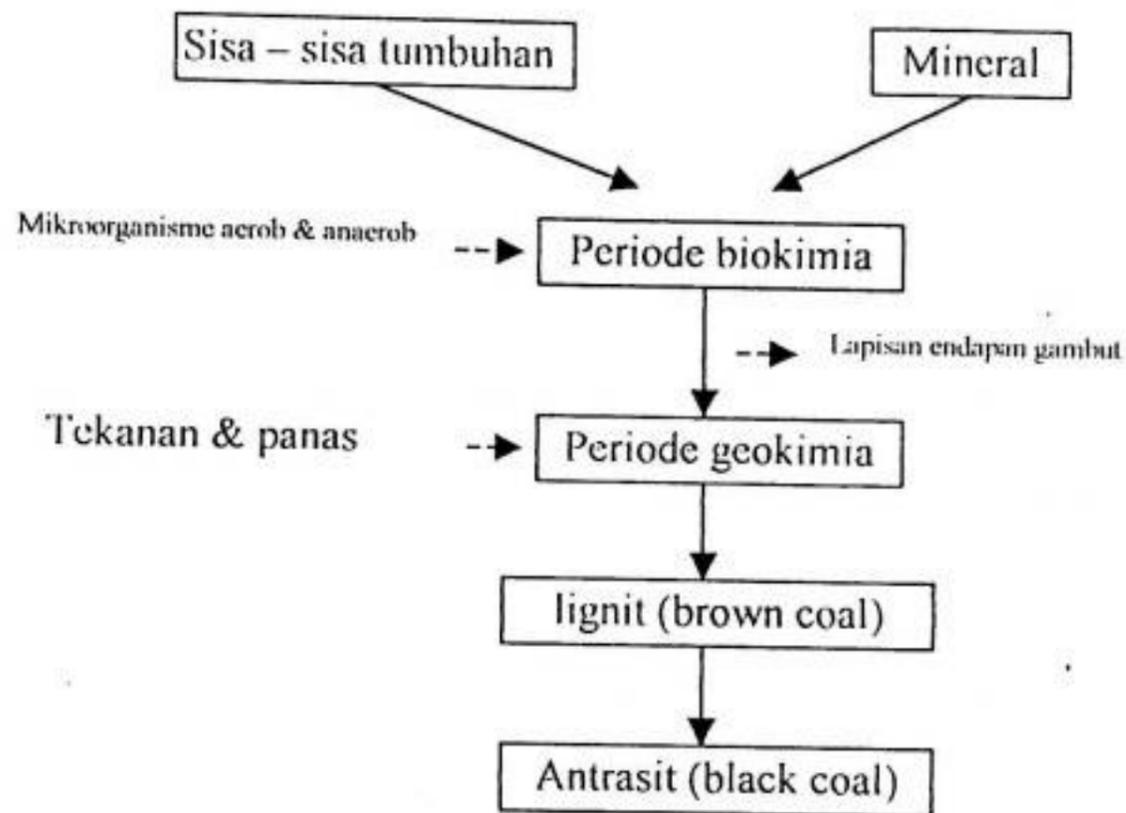
Faktor utama yang mempengaruhi periode geokimia adalah tekanan dan panas. Tekanan berasal dari lapisan endapan yang terbentuk di atasnya dan panas yang timbul akibat dari tekanan tersebut. Dengan adanya tekanan tersebut, pada tempat-tempat tertentu dari lapisan endapan gambut akan terbentuk lekukan-lekukan dan tonjolan-tonjolan. Diperkirakan suhu selama berlangsungnya periode ini berkisar 100-600 °C dan tekanan mencapai 1500 atm.

Dalam periode geokimia atau metamorfosis terjadi penurunan kadar oksigen, hydrogen, dan peningkatan kadar karbon dalam batubara. Selama kenaikan tingkat batubara, oksigen dalam bentuk gugus fungsional - OH dan - COOH akan dilepaskan sebagai H₂O dan CO₂.

Suatu rangkaian reaksi kimia terjadi sepanjang periode ini, terutama reaksi kondensasi menyebabkan kadar oksigen dan hidrogen berkurang yang diakibatkan oleh penambahan panas. Reaksi

kondensasi mengeliminasi gugus fungsional, seperti -OH, -COOH, -OCH₃ dan CH₃ dari struktur matriks organik batubara. (Edgar, 1983).

Proses pembentukan batubara dapat dilihat pada gambar I.



Gambar 1. Skema proses pembentukan batubara (Fuchsman, 1986)

A.2. Analisis Batubara

Parameter kualitas batubara yang sangat penting untuk pengklasifikasian batubara dan pemanfaatannya (Rance, 1975), adalah sebagai berikut :

1. **Kandungan air (*moisture content*)**, kandungan air batubara terdiri atas kandungan air bawaan (*inherent moisture*) yaitu air yang mengisi celah-celah atau kapiler dalam batubara dan kandungan air bebas (*free moisture*) yaitu air yang ada pada batubara selama pencucian atau penyemprotan untuk membersihkan batubara dari lumpur.

2. **Kandungan abu (*ash content*).** Abu merupakan zat mineral dalam batubara, yang didefinisikan sebagai sisa residu organik setelah pembakaran batubara secara sempurna dan kandungannya dalam batubara dihitung dengan analisis "*proximate*". Komposisi ini berpengaruh pada pemanfaatan batubara.
3. **Zat mudah menguap (*volatile matter*).** Kandungan zat terbang diartikan sebagai bahan yang hilang pada saat batubara tersebut dipanaskan di bawah kondisi tertentu. Zat terbang terdiri atas zat yang mudah menyala seperti hydrogen, karbon monoksida, dan metan, dalam bentuk uap padat seperti tar yang jumlahnya sedikit dan tidak mudah terbakar.
4. **Kandungan karbon yang tertambat (*Fixed carbon*).** Adalah komponehn sisa residu setelah zat terbang dibebaskan
5. **Nilai kalori (*calorific value*).** Merupakan jumlah nilai panas dari unsur pembentuk batubara ketika pembakaran. Pada dasar analisis "*dry mineral matter free*" (dmmf), kalori berhubungan langsung terhadap komposisi batubara.
6. **Sulfur.** Sebagian besar batubara , kandungan sulfurnya kurang daripada 4 %, tetapi sering di beberapa daerah ditemukan dengan konsentrasi yang tinggi. Adanya sulfat dalam batubara dapat memberikan problem pada pemanfaatan dan menghasilkan pencemaran.
7. **Hidrogen.** Kandungan hydrogen biasanya dihitung dengan metode kontrol pembakaran sample udara kering; hasilnya memakai dasar

“dmmf” setelah dikurangi hydrogen sebagai “moisture” dan asosiasinya dengan zat terbang.

8. **Oksigen.** Umumnya oksigen terdapat sebagai hidroksil, karboksil, metanol, dan gugus karbonil. Oksigen selalu berikatan dengan hydrogen dan karbon, dan kehadirannya menurunkan nilai kalori batubara.
9. **Nitrogen.** Nitrogen dalam batubara merupakan partikel penting dan berhubungan dengan polusi udara sewaktu pembakaran batubara. Batubara dengan kandungan nitrogen rendah sangat baik dalam industri,
10. **Phosfor.** Unsur ini dijumpai pada semua batubara, terutama sebagai mineral dan biasanya dalam jumlah 0,1%. Kandungan phosfor dalam batubara dihitung dalam analisis abu.

A.3. Batubara di Indonesia.

Batubara di Indonesia tersebar di berbagai tempat, terutama di Sumatera dan Kalimantan. Batubara di Indonesia yang telah diketahui berumur \pm 40-50 juta tahun (Tersier). Pada umumnya batubara di Indonesia terdiri atas 3 jenis, yaitu jenis lignit (brown coal), subbituminous, dan bituminous. Terdapat pula batubara jenis antrasit (black coal) tetapi dalam jumlah yang sedikit.

Kelompok batubara yang berumur \pm 50 juta tahun (Eosen), umumnya berjenis subbituminous dan bituminous. Jenis ini merupakan jenis batubara yang berkualitas baik tetapi mempunyai kadar sulfur yang tinggi karena

adanya intrusi (terobosan) batuan beku andesit dan pengaruh gradien geothermal (Harjono dkk., 1991).

A.4. Struktur Kimia Batubara

Senyawa organik merupakan penyusun utama batubara. Selain itu terdapat pula sejumlah senyawa anorganik dalam bentuk senyawa mineral.

Batubara merupakan suatu makromolekul kompleks yang tersusun atas sub unit-sub unit molekul adalah gabungan beberapa cincin aromatik, karbosiklik, dan heterosiklik, dan terdapat gugus fungsional heteroatom pada bagian ujungnya. Gugus fungsional heteroatom, misalnya oksigen terutama terdapat dalam bentuk gugus hidroksil, gugus karbonil, gugus karboksil dan eter. Sebagian besar sulfur terdapat dalam bentuk gugus tiol, dan gugus tioeter, sedangkan nitrogen sebagai gugus amina, gugus amida, pirol, dan piridin. Kebanyakan hidrogen terdapat dalam bentuk senyawa alifatik, alisiklik, dan gugus metil.

Berat molekul rata-rata dari setiap sub unit molekul berkisar antara 200 hingga 500, dengan demikian diperkirakan berat molekul dari batubara sekitar ribuan (Kirk, 1978 dan Pitt, 1979).

Hirsch pada tahun 1954, telah menggambarkan 3 jenis model struktur batubara yang berbeda menurut tingkat batubara melalui sinar-X. (Karr, 1978). Ketiga jenis model struktur batubara dapat digambarkan sebagai berikut :

a. Struktur terbuka (open structure)

Struktur ini merupakan karakteristik dari batubara tingkat rendah yang mempunyai kadar karbon sekitar 85 %. Jenis struktur batubara ini mempunyai sifat porositas yang sangat tinggi karena setiap sub unit molekul membentuk suatu lapisan (layers) yang dihubungkan oleh rantai silang (cross -link) dan terorientasi secara acak. Sifat ketidakteraturan dari lapisan – lapisan ini akan menimbulkan ruang kosong sehingga mengakibatkan jenis struktur bersifat porous.

b. Struktur cair (liquid structure)

Struktur batubara cair merupakan jenis batubara tingkat sedang yang mempunyai kadar karbon sekitar 85–91 %, umumnya sebagai batubara bituminous yang strukturnya memperlihatkan sejumlah rantai silang dan setiap lapisan terorientasi secara teratur. Meningkatnya keteraturan atau kesejajaran dari lapisan – lapisan mengakibatkan berkurangnya sifat porous pada jenis batubara ini. Proses peningkatan mutu batubara berlangsung pada suhu dan tekanan yang relatif tinggi sehingga mengakibatkan sejumlah rantai silang terputus.

b. Struktur antrasit (anthracitic structure).

Umumnya jenis struktur ini terdapat pada batubara tingkat tinggi dengan kadar karbon di atas 91 %. Dalam struktur antrasit tidak terdapat rantai silang dan tingkat keteraturan atau kesejajaran semakin meningkat.

Meningkatnya kesejajaran atau keteraturan dari setiap grup lapisan terhadap grup lapisan lainnya mengakibatkan timbulnya sifat porous di antara grup- grup lapisan tersebut.

B. Tinjauan Tentang Karbon Aktif

B.1 Definisi Karbon aktif

Arang adalah suatu zat berwarna hitam yang terdiri atas unsur karbon yang atom-atom C ini tersusun satu sama lainnya membentuk suatu kisi heksagon. Unsur karbon adalah zat inert yang tidak larut dalam air, asam, basa, dan pelarut organik (Hartinah dkk., 1998). Menurut Kirk dan Othmer (1964), karbon aktif adalah karbon dengan struktur amorf atau mikrokristalin yang dengan perlakuan khusus akan memiliki luas permukaan dalam yang besar yaitu 300 –2000 m²/gram. Peningkatan luas permukaan dalam ini yang mengakibatkan kemampuan penyerapan lebih besar dibanding arang biasa (Pohan, 1993).

Arang yang terjadi di dalam proses pembentukannya bukanlah merupakan karbon murni, tetapi juga terdapat abu dan deposit yang berupa tar cake dan senyawa hidrokarbon.

Sejarah karbon sebagai adsorben telah diketahui pada abad sebelum maschi. Penyaringan air dengan karbon telah dilakukan pada masa Hindu Kuno. Pada abad ke-13, karbon digunakan dalam proses pemurnian larutan gula. Kemudian, setelah abad 18 Scheel dan Lowitz dalam Chereminisoff dan Morrest, (1978) masing-masing menemukan kemampuan karbon untuk menyerap gas dan

untuk menarik warna dari cairan. Karbon sebagai penjerap telah banyak diteliti dan dikembangkan dalam teknik dan penggunaannya. (Pohan,1993).

Arang aktif adalah arang yang sudah diaktifkan sehingga pori-porinya terbuka dan dengan demikian daya serapnya tinggi. Arang aktif mempunyai bentuk amorf yang terdiri pelat-pelat datar, disusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagon. Pelat-pelat itu bertumpuk satu sama lain membentuk kristal-kristal dengan sisa-sisa hidrokarbon yang tertinggal di permukaannya. Dengan menghilangkan hidrokarbon pada permukaan tersebut, permukaan akan menjadi luas sehingga daya adsorpsi lebih tinggi (Gotz, 1958 dalam Djatmiko dkk., 1981 dan dalam Anonimous, Majalah komunikasi No. 155, 1996).

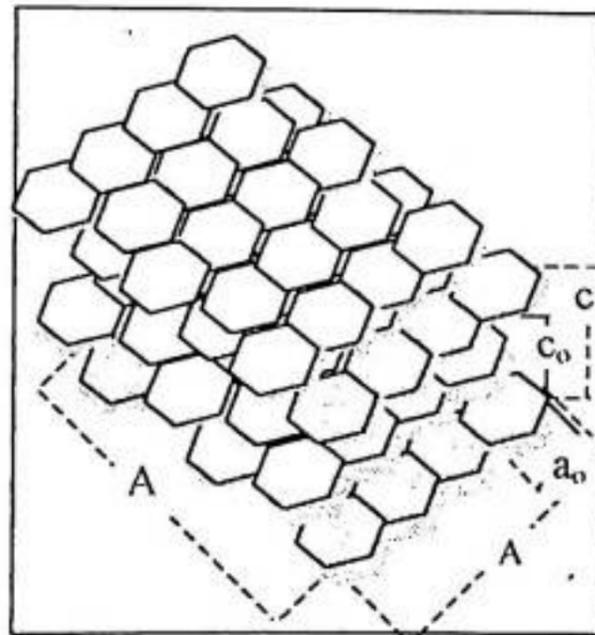
Pada karbon aktif akan terjadi suatu struktur karbon yang mempunyai pori sehingga mempunyai daya adsorpsi yang lebih besar daripada karbon biasa. Pengertian karbon aktif ditujukan pada karbon yang amorf, yaitu karbon yang telah diolah dan dibuat secara khusus untuk memperbesar daya adsorpsinya. Luas daya adsorpsinya berkisar antara 300 hingga 2000 m^2 /gram karbon.(Hartinah dkk., 1998).

Karbon aktif secara komersial disebut "Eponite". Pada tahun 1909 karbon aktif merupakan paten "Ostregko". Proses ostregko ini merupakan pendahulu dalam pengembangan pembuatan karbon aktif secara modern dengan menggunakan klor pada pemanasan tinggi untuk aktivasinya (Montenegro, 1976 dalam Pohan, 1993).

B.2 Sifat-Sifat Karbon Aktif

B.2.1 Struktur Kristal Karbon Aktif

Menurut Shell dan Hilton (1968) setiap jenis karbon aktif memiliki pori dengan ukuran, bentuk, dan jumlah berbeda tergantung pada bahan baku serta pembuatan. Penelitian dengan sinar-X memperlihatkan bahwa karbon aktif merupakan mikrokristalin atau amorphous yang tersusun oleh cincin enam karbon dengan susunan karbon yang tak teratur dan membentuk paket-paket. Paket-paket tersebut diperkirakan merupakan kristal grafit dengan 2 atau 3 lapisan, dan setiap lapisan terdiri daripada 10 -15 cincin 6 karbon menyilang seperti terlihat pada Gambar II di bawah ini :



Gambar II. Struktur Kristal Karbon dan Grafit.

- Keterangan :
1. A : luas rata-rata permukaan lapisan ($27-38 \text{ \AA}^2$)
 2. C : tinggi rata-rata lapisan ($9,5-11 \text{ \AA}$)
 3. a_0 : jarak antara dua atom pada posisi yang sama dalam satu lapisan ($2,45 \text{ \AA}$)
 4. C_0 : jarak antara dua atom pada posisi yang sama pada lapisan lain ($7,20-7,70 \text{ \AA}$).
 5. --- : gaya tarik van der Waals

B.2.2 Pori-Pori Karbon Aktif

Karbon aktif memiliki 3 tipe pori. Jenis pori tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Type dan Pori-pori Karbon Aktif

Type Pori	Jari-jari Pori (A)	Luas Permukaan Spesifik
Pori makro	5000 – 20000	0,5 – 2
Pori transisi	40 - 200	200 – 450
Pori mikro	18 - 20	kurang lebih 95% dari total luas permukaan spesifik

Sumber : Cookson 1978 (dalam Pohan 1993).

Pada umumnya susunan pori karbon aktif saling berhubungan. Pori makro dapat menyerap molekul adsorbat dan pelarut yang berhubungan dengan permukaan luar partikel, sedang pori mikro merupakan cabang pori transisi dan dapat menyerap pelarut dan adsorbat dengan ukuran lebih kecil (Cookson dalam Pohan 1993).

B.3 Pembuatan karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif, dapat dibagi menjadi tiga tahapan yaitu 1. pelepasan air (dehidrasi), 2. pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon (karbonisasi). Dan 3. dekomposisi tar dan pembentukan pori (aktivasi).

Bahan baku arang dapat berasal dari bahan nabati atau hasil ikutan bahan hewani di antaranya serbuk gergaji, ampas tebu, tempurung kelapa, tongkol jagung, tulang, dan sebagainya.

Pada dasarnya ada dua cara pembuatan arang aktif, yakni cara thermal (thermal method) dan cara Kimia (chemical method) (Holden, 1982, dalam Hartinah dkk.,1998).

B.3.1 Metode Thermal

Kebanyakan arang diaktifkan dengan cara metode thermal. Perbedaan bahan baku akan menyebabkan variasi pula dalam metode ini, namun pada prinsipnya sama. Pengarangan biasanya dilakukan pada suhu 500-900 °C dan sebagai bahan pengaktif dilakukan dengan steam (uap) atau gas CO₂ pada suhu 800-900°C. Dalam proses yang menggunakan uap ini aktivasi berlangsung secara berkesinambungan karena reaksi karbon menjadi CO₂ adalah eksotermis.

Tahap pertama dari pembuatan karbon aktif adalah menjadikan bahan baku dalam ukuran butiran, lalu dijadikan arang (karbonisasi) pada suhu di bawah 900 °C dengan bahan bakar gas. Tujuan karbonisasi ini adalah untuk mengurangi kandungan bahan yang dapat menguap. Tahap berikutnya baru dilakukan aktivasi, namun kini selalu pula dilakukan kedua tahap ini bersamaan.

B.3.2. Metode kimia

Bahan kimia yang paling umum dipakai sebagai bahan pengaktif, adalah asam posfat (H_3PO_4), Zinc klorida ($ZnCl_2$), dan asam sulfat (H_2SO_4). Selain itu digunakan juga $Ca(OH)_2$, $CaCl_2$, $MnCl_2$, dan $NaOH$. Semua bahan pengaktif ini umumnya bersifat sebagai pengikat air (dehydrating agent).

Ketaren (1986) mengutip dari Andersen bahwa selain bahan kimia yang dikemukakan di atas, bahan kimia yang dapat dipakai sebagai pengaktif lainnya adalah Na_2CO_3 , gas SO_2 , Na_2SO_4 , dan $Ca_3(PO_4)_2$.

Proses ini tergantung pada pengaruh senyawa kimia anorganik baik yang telah ada secara alam ataupun yang ditambahkan untuk mengubah senyawa organik selama proses berlangsung.

C. Tinjauan Umum Tentang Adsorpsi

Penjerapan secara umum adalah proses pengumpulan benda-benda terlarut yang terdapat dalam larutan antara dua permukaan. Bahan yang akan dijerap disebut sebagai adsorbate atau solute, sedangkan bahan penjerap dikenal sebagai adsorbent.

Adsorpsi yang terjadi pada permukaan zat padat disebabkan oleh gaya tarik menarik antara atom atau molekul pada lapisan paling luar zat padat (Respati, 1986).

Dalam pengolahan limbah industri, karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorbent. Besarnya penggunaan karbon aktif ini disebabkan karena : sifat kapasitas adsorpsi yang tinggi, dapat diregenerasi, harga yang murah serta berpotensi produksi dalam skala besar di Indonesia (Narkanti, 1994).

Walaupun proses tersebut dapat terjadi pada seluruh permukaan benda, maka yang sering terjadi adalah bahan padat menjerap partikel yang berada di dalam air limbah.

Besarnya daya jerap pada permukaan dapat dibedakan untuk penjerapan secara fisika dan penjerapan secara kimia.

C.1 Penjerapan secara Fisika

Terjadi pada zat yang bersuhu rendah dengan penjerapan yang relatif rendah. Penjerapan secara fisika relatif tidak spesifik, karena kerjanya lambat terhadap daya tarik antara molekul-molekul. Maka dapat dikatakan bahwa gaya yang menahan terjerapnya molekul-molekul gas atau cairan oleh zat padat tersebut sama dengan gaya kohesi molekul pada fase cair.

Penjerapan secara fisika bekerja atas dasar asas van der Waals, yaitu dua atau lebih partikel dalam bentuk suspensi yang tiap-tiapnya mempunyai parameter berbeda, kemudian bergabung menjadi satu, sehingga bentuk dan berat molekul gabungan ini menjadi bertambah.

C.2 Penjerapan secara kimia

Terjadinya karena ikatan kimia antara penjerap dengan zat yang dijerap. Penjerapan secara kimia bekerja lebih kuat dibandingkan dengan penjerapan secara fisika, karena kerja sebanding dengan pembentukan ikatan kimia zat yang terjerap dan membentuk suatu lapisan pada zat penjerap. Apabila ini terjadi, maka zat penjerap tidak mampu menjerap zat lainnya, (Anonim, 1994).

Menurut Chereminisoff dan Morresi (1978) selain jenis adsorpsi, faktor lain yang menentukan penjerapan adalah :

1. Karakteristik fisik dan kimia dari adsorben seperti luas permukaan, ukuran pori, dan komposisi kimia.
2. Karakter fisik dan kimia adsorbent, seperti ukuran molekul, polaritas molekul dan komposisi kimia.
3. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.

D. Teori Adsorpsi Isoterm Freundlich

Isotermal adsorpsi dalam banyak larutan encer dirumuskan oleh Freundlich (1926), sebagai :

$$x \cdot m = k C^{1/n} \quad (1)$$

Dengan, x = jumlah bahan teradsorpsi

m = jumlah adsorben

C = konsentrasi larutan kesetimbangan

k dan n = tetapan

nilai $1/n$ biasanya antara 0,2 dan 0,7 (Tan, 1991).

Persamaan tersebut tidak mempunyai dasar teoritis, dan bersifat empiris. Kurva persamaan (1) biasanya parabolik. Namun dengan membuatnya dalam bentuk logaritmik, persamaan tersebut berubah menjadi :

$$\log x/m = \log k + 1/n \log C \quad (2)$$

persamaan dalam bentuk log tersebut memberikan kurva garis lurus.

E. Teori Adsorpsi Isoterm Langmuir

Metode lain untuk menyatakan adsorpsi adalah Teori Adsorpsi Langmuir yang mengansumsikan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah situs aktif yang sebanding dengan luas permukaan adsorben. Pada setiap situs aktif tersebut hanya satu molekul yang dapat teradsorpsi (Oscik, 1982).

Persamaan adsorpsi yang diberikan oleh Langmuir:

$$\frac{x}{m} = \frac{k_1 \cdot C}{1 + k_2 \cdot C}$$

dengan: x = jumlah yang teradsorpsi

m = jumlah adsorben

k_1, k_2 = tetapan

C = konsentrasi larutan

Perbedaannya dengan persamaan Freundlich adalah sebagai berikut. Pada konsentrasi yang sangat tinggi, $k_2 C$ dalam persamaan tersebut mencapai suatu nilai yang mengakibatkan faktor 1 dapat diabaikan, sehingga persamaan tersebut berubah menjadi:

$$\frac{x}{m} = \frac{k_1}{k_2}$$

Persamaan terakhir ini menyatakan bahwa x/m menjadi konstan pada konsentrasi tinggi. Dengan kata lain, pada nilai-nilai C yang tinggi, persamaan adsorben menjadi jenuh, dan adsorpsi mencapai maksimum.

F. Tinjauan Umum Tentang Fenol

Limbah organik meskipun dapat diuraikan oleh dekomposer, dalam jumlah banyak tetap menimbulkan masalah-masalah lingkungan. Limbah organik yang tidak terurai akan menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran pemandangan (pencemaran estetik, pencemaran bau dan bahkan banyak penyakit seperti diare, muntaber, dan TBC) (Palar, 1984)

Fenol dengan bahan senyawa organik adalah juga penting, mengingat bahwa fenol merupakan penyebab timbulnya rasa yang ada dalam air minum terutama apabila dilakukan klorinasi. Fenol ini dihasilkan dari industri dan apabila konsentrasi belum mencapai 500 mg/L masih dapat dioksidasi melalui proses biologis, akan tetapi akan sulit penguraiannya apabila telah mencapai kadar 500 mg/L (Sugiharto, 1987).

Senyawa-senyawa yang termasuk dalam golongan ini adalah senyawa-senyawa yang mempunyai gugus hidroksil langsung yang terikat pada inti benzena.

Sifat-sifat fenol yaitu :

- Bersifat asam ($K_a = 1 \times 10^{-10}$). Atom H dapat diganti tidak hanya oleh logam (seperti Na) tetapi juga dengan basa lain.
- Mudah dioksidasi oleh O_2 udara dan menyebabkan zat yang berwarna, mereduksi larutan fehling dan Ag-beramoniak.
- Memberi reaksi-reaksi berwarna dengan $FeCl_3$.
- Mempunyai sifat antiseptik, beracun.

G. Spektrofotometri UV/VIS

Instrument yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometri Ultra Violet/Visible model UV-1601. Pengukuran absorbansi atau transmitansi dalam spektroskopi ultra violet dan daerah tampak digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif spesies kimia. Absorbansi spesies ini berlangsung dalam dua tahap, yang pertama yaitu $M + h\nu = M^*$, merupakan eksitasi spesies akibat absorpsi foton ($h\nu$) dengan waktu hidup terbatas (10^{-8} - 10^{-9} detik). Tahap kedua adalah relaksasi dengan berubahnya M^* menjadi spesies baru dengan reaksi fotokimia. Absorpsi dalam daerah ultraviolet dan daerah tampak menyebabkan eksitasi elektron ikatan. Puncak absorpsi (λ_{max}) dapat dihubungkan dengan jenis ikatan-ikatan yang ada dalam spesies. Spektroskopi absorpsi berguna untuk mengkarakterisasi gugus fungsi dalam suatu molekul dan untuk analisis kuantitatif. Spesies yang mengabsorpsi dapat melakukan transisi yang meliputi (a) elektron, σ , π , n, (b) elektron-elektron d dan f (c) transfer muatan elektron.

Hukum Lambert-Beer menyatakan bahwa konsentrasi species kimia yang diinginkan untuk diukur itu sebanding dengan serapan pada panjang gelombang atau frekuensi tertentu yang spesifik, artinya serapan yang dihasilkan adalah logaritma perbandingan antara kuat radiasi yang datang dengan yang diteruskan.

$$A = abc = \log P_0/P$$

A = serapan.

P_0 = intensitas sinar datang

P = intensitas sinar terserap

a = koefisien absorbtivitas

c = konsentrasi zat dalam contoh.

II. Mikroskop Polarisasi

Mikroskop ini berbeda dengan mikroskop binokular, yaitu yang dipakai pada bidang biologi, kedokteran, atau bidang lain, yang sifatnya hanya memperbesar benda yang diamati. Mikroskop polarisasi memakai cahaya yang terbias bukan cahaya yang terpantul.

Setiap mikroskop polarisasi dilengkapi dengan bagian-bagian sebagai berikut, antara lain :

- a. Lensa Amici-Bertrand yang terletak pada tubus mikroskop
- b. Analisator terletak di atas lensa obyektif
- c. Polarisator yang berada di bawah obyek berfungsi untuk membuat cahaya yang terpolarisasi/ terkutub.

- d. Skala lateral dengan pembagian 0-360 derajat yang berada pada pinggir meja obyek di mana meja obyek dapat diputar pada sunbu vertikal. Perputaran meja obyek dapat dibaca pada skala tersebut dan diberikan pembacaan teliti pada noniusnya.
- e. Lubang kompensator, di mana sebagai tambahan dilengkapi dengan keping gips, keping mika atau biji kwarsa sesuai dengan jenis pengamatan yang ingin dilakukan.
- f. Lensa Kondensator yang terletak di bawah meja obyek pada "substage unit".

BAB III

ALAT, BAHAN, DAN METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat –Alat yang digunakan

1. Spectrophotometer UV/Visible Tipe UV-1601
2. Reaktor Baja
3. Muffle Furnace (tanur)
4. Neraca O-Hause
5. Pengocok Otomatis
6. Oven
7. Cawan/Krus Porselin
8. Erlenmeyer 100 mL, 250 mL
9. Termometer 110 °C
10. Labu Ukur 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1000 mL
11. Pipet ukur 5 mL, 10 mL, 25 mL
12. Stirer
13. Corong kaca
14. Kertas Saring Whatman no.41
15. Labu Semprot Plastik
16. Karet Penghisap
17. Batang Pengaduk
18. Aluminium Foil
19. Kertas Tissue

B. Bahan-bahan yang digunakan

1. Batubara 100 Mesh
2. HCl p.a Merck
3. CaCl₂ p.a Merck
4. Fenol p.a. Merck
5. Air suling (aquadest)

C. Metode penelitian

C.1. Sintesis Karbon Aktif

Karbon aktif disintesis dari bahan dasar batubara dengan metode aktivasi kimia menggunakan pengaktivasi CaCl₂

Sampel batubara sebanyak 200 gram ditambah dengan 250 mL larutan yang mengandung 100 gram CaCl₂, kemudian diaduk pada suhu 85 °C selama 3 jam. Setelah pengadukan batubara dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C selama 24 jam. Selanjutnya, sampel batubara dikarbonisasi dalam reaktor baja dengan suhu 400, 500, dan 600 °C, selama 1, 2, 3 jam, kemudian dibiarkan pada suhu kamar, setelah itu dipanaskan dalam furnace pada suhu 200 °C selama 1 jam.

Batubara terkarbonisasi tersebut kemudian dicuci dengan larutan 0,5 N HCl (100 mL/g arang), selanjutnya dicuci dengan air panas 85 °C (150 mL/g arang). Selanjutnya dikeringkan dalam pengering pada suhu 110 °C.

C.2. Analisis konsentrasi fenol dengan UV-VIS setelah penambahan serbuk karbon aktif batubara.

C.2.1. Variasi Konsentrasi

1. Ke dalam 50 mL tiap larutan fenol 1,5, 4,5, 7,5, 10, dan 15 mg/L ditambahkan 0,5 gram karbon aktif dengan suhu karbonisasi 500 °C.
2. Campuran dikocok selama 48 jam.
3. Campuran disaring dengan kertas saring Whatman
4. Absorbansi Filtrat diukur dengan UV-VIS

C.2.2 Variasi Waktu

1. Ke dalam setiap erlenmeyer (ada 8) yang berisi larutan fenol 50 mL dengan konsentrasi 10 mg/L di masukkan 0.3 gram karbon aktif dengan suhu karbonisasi 500 °C.
2. Campuran dikocok selama 10, 20, 30, 60, 360,720, 1440, dan 2880 menit.
3. Kemudian disaring dan absorbans filtrat diukur dengan UV-VIS

C.3. Penjerapan Fenol oleh Karbon Aktif dengan variasi suhu dan waktu karbonisasi

0,3 gram karbon aktif dengan variasi suhu karbonisasi 400, 500, 600 °C dan waktu karbonisasi 1, 2, 3 jam ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam 50 ml. larutan fenol 10 mg/L, campuran dikocok selama 60 menit dan

larutan tersebut disaring dengan kertas saring Whatman, absorbansi filtrat yang dihasilkan diukur serapannya dengan spektrofotometer UV-VIS untuk menentukan Absorbannya. Temperatur karbonisasi dan waktu karbonisasi optimum ditentukan.

D. Uji Mutu Karbon Aktif

D.1 Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C

Ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya dimasukkan 1 gram karbon aktif, kemudian di atas cawan tersebut ditumpuk lagi cawan yang lain juga yang telah diketahui beratnya, sehingga karbon aktif berada di antara dua cawan tersebut. Kemudian contoh dan cawan tersebut dipanaskan sampai 950 °C dalam tanur. Setelah suhu tercapai, cawan dan isinya dibiarkan dingin dalam tanur (tidak berhubungan dengan udara luar).

Bagian yang menguap pada 950 °C =

$$\frac{(\text{berat semula} - \text{berat setelah pemanasan})}{\text{berat semula}} \times 100 \%$$

D.2. Kadar Air

5 gram contoh ditimbang dalam cawan, dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam, dinginkan dalam eksikator, dan ditimbang.

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat contoh semula} - \text{berat setelah kering}}{\text{berat contoh semula}} \times 100 \%$$

D.3 Kadar Abu

5 gram karbon aktif ditimbang, dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukkan ke dalam tanur (sampai tidak berasap dan setelah seluruhnya menjadi abu keputihan), cawan didinginkan dan ditimbang.

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{Bobot abu}}{\text{Bobot contoh}} \times 100 \%$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas data-data hasil penelitian yang berkaitan dengan uji mutu karbon aktif, analisis fisis karbon aktif, penentuan model kurva adsorpsi dan adsorpsi fenol pada karbon aktif batubara. Karbon aktif disintesis dari batubara dengan pengaktivasi CaCl_2 pada variasi suhu dan waktu karbonisasi. Sampel batubara diambil dari batubara yang digunakan oleh pabrik Semen Tonasa, Pangkep Propinsi Sulawesi Selatan.

A. MUTU KARBON AKTIF

Untuk menentukan mutu karbon aktif, digunakan standar karbon aktif yang dikeluarkan oleh Japanese Industrial Standard : JIS. 1470-1967, Testing Method for Powdered Activated Carbon; Testing Method for Granular Activated Carbon dan Standar Industri Indonesia, SII 0258-1988 adalah sebagai berikut (Tabel 2):

Tabel 2. Syarat Mutu Karbon Aktif (SII 0258-1988)

Jenis Uji	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	Maksimum 15 %	Maksimum 25%
Kadar Air	Maksimum 4,5 %	Maksimum 10 %
Kadar abu	Maksimum 2,5%	Maksimum 10 %

Sumber: Warta IHP (Vol.5., No.2, pp.51-54, 1998)

Dari hasil uji mutu karbon aktif, diperoleh data sebagai berikut (Tabel 3):

Tabel.3. Hasil uji mutu karbon aktif dari batubara dengan variasi suhu dan waktu karbonisasi. (karbon aktif berbentuk serbuk).

Jenis uji	Waktu karbonisasi	Suhu Karbonisasi ($^{\circ}\text{C}$)		
		400	500	600
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C (%)	1 jam	13,27	8,61	6,73
	2 jam	9,83	7,58	6,45
	3 jam	9,57	7,38	6,31
Kadar Air (%)	1 jam	8,82	6,91	4,53
	2 jam	8,56	6,67	4,49
	3 jam	8,14	6,32	4,16
Kadar Abu (%)	1 jam	5,43	5,12	5,28
	2 jam	5,48	4,95	5,41
	3 jam	5,35	4,92	4,98

Dari hasil uji mutu karbon aktif di atas, dapat dijelaskan bahwa jumlah zat mudah menguap dalam karbon aktif dipengaruhi oleh suhu dan waktu karbonisasi. Pada karbonisasi 400°C dan waktu karbonisasi 2 jam bagian yang hilang pada pemanasan 950°C turun cukup drastis, sedang pada pemanasan 3 jam cenderung konstan. Pada karbonisasi 500°C dan 600°C , bagian yang hilang mengalami penurunan walaupun tidak begitu besar dengan bertambahnya waktu karbonisasi. Kadar zat mudah menguap karbon aktif, tertinggi terdapat pada suhu karbonisasi 400°C dengan lama karbonisasi 1 jam dan terendah terdapat pada karbon aktif dengan suhu karbonisasi 600°C dengan waktu karbonisasi 3 jam. Adanya kadar zat mudah menguap ini mungkin disebabkan kandungan nitrogen dan sulfur dalam karbon aktif masih tersisa pada waktu proses karbonisasi.

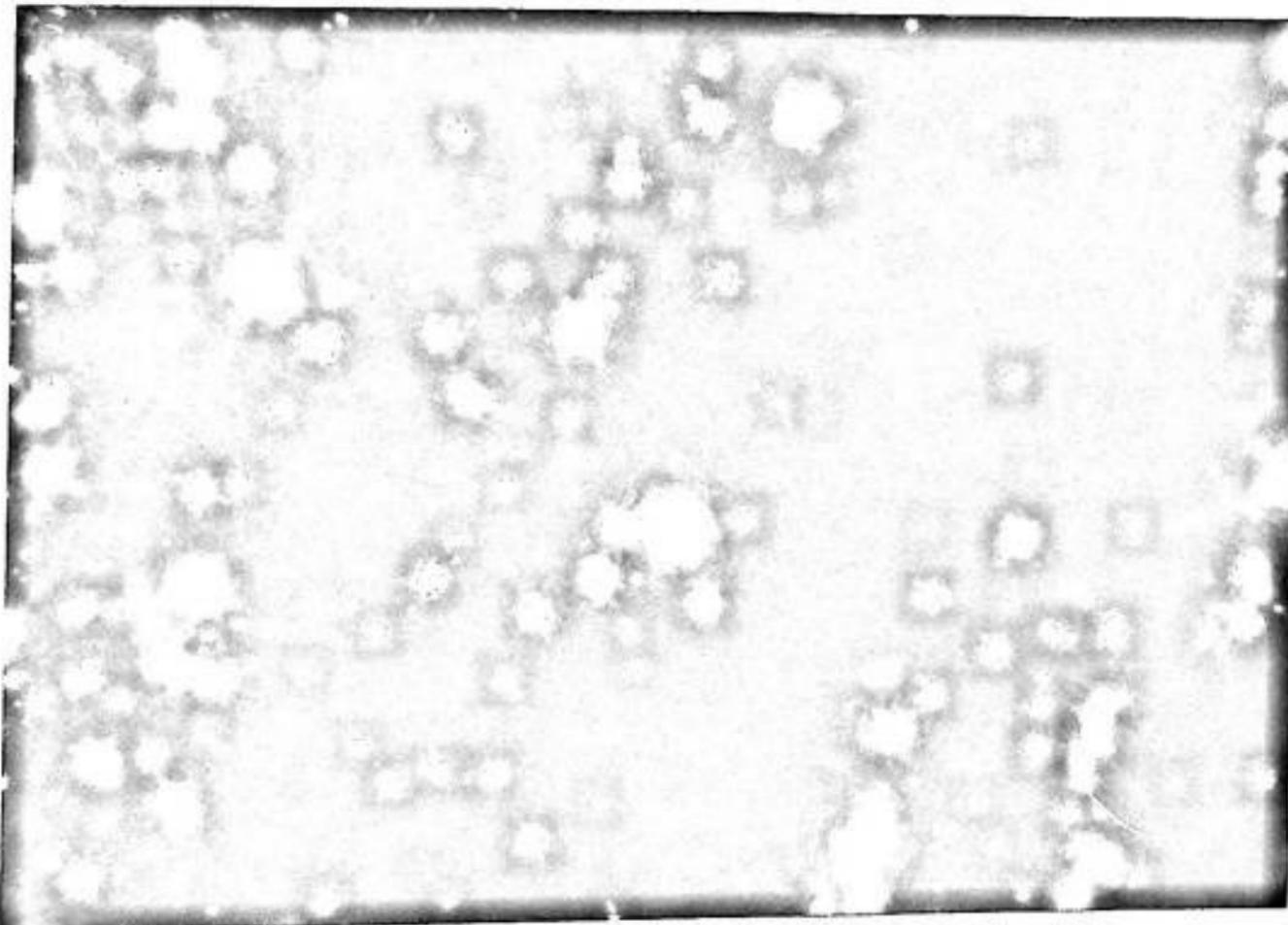
Komponen yang terdapat dalam karbon aktif adalah air, abu, karbon, sulfur dan nitrogen yang pada pemanasan 900°C senyawa sulfur dan nitrogen akan menguap. (Jacob, 1949 dalam Pari, 1991). Kadar zat mudah menguap bervariasi sekitar 6,31-13,27 %. Angka ini masih memenuhi persyaratan SII karena kadarnya tidak lebih daripada 25 %.

Kadar air karbon aktif yang dihasilkan ternyata bervariasi, sekitar 4,18-8,82 %, angka ini masih memenuhi persyaratan arang aktif Standar Industri Indonesia (SII) karena tidak lebih daripada 15 %. Kadar air terendah terdapat pada karbon aktif dengan suhu karbonisasi 600°C dan waktu karbonisasi 3 jam, sedangkan yang tertinggi terdapat pada karbon aktif dengan suhu karbonisasi 400°C dengan waktu karbonisasi 1 jam. Adanya kadar air tersebut berarti adanya kandungan air yang terikat (inherent moisture) yang tidak akan hilang pada pengeringan biasa. Hal ini dapat terjadi mengingat struktur arang aktif yang tersusun oleh 6 buah atom C pada setiap heksagonal memungkinkan butir-butir air terperangkap di dalamnya; ini berarti dengan adanya pemanasan yang lebih tinggi dan waktu yang lebih lama maka air yang terperangkap di dalamnya akan terlepas.

Dari hasil uji mutu karbon aktif, terlihat bahwa kadar abu tidak dipengaruhi oleh suhu dan waktu karbonisasi. Kadar abu karbon aktif yang dihasilkan 4,92-5,98 %, angka ini memenuhi syarat SII, karena kadarnya di bawah 10 %.

B. ANALISIS FISIS

Karbon aktif adalah arang yang sudah diaktifkan sehingga pori-porinya terbuka dan dengan demikian daya adsorpsinya tinggi.(Gotz, 1953). Untuk menganalisis permukaan zat padat digunakan beberapa alat atau metode yaitu SEM (Scanning Electron Micrograph) dan Mikroskop dengan metode Nikol sejajar. Dalam penelitian ini digunakan Metode Nikol Sejajar dengan Mikroskop Polarisasi Nikon ARF-DX Tipe No. 104 yang terdapat di Laboratorium OPTIK Jurusan Geologi Fakultas Teknik Unhas. Hasil foto batubara dan karbon aktif dapat dilihat pada Gambar III dan IV.



Gambar III. Foto Batubara sebelum diaktivasi
Pengamatan dengan metode Nikol sejajar pembesaran 100 X
Alat yang digunakan adalah Mikroskop Polarisasi Nikon ARF-DX Tipe No. 104. Porositas Batubara sebelum diaktivasi kurang lebih 15 %.
(Laboratorium Optik Jurusan Geologi Fakultas Teknik Unhas)



Gambar IV. Foto Batubara setelah diaktivasi (karbon aktif)

Pengamatan dengan metode Nikol sejajar pembesaran 100 X

Alat yang digunakan adalah Mikroskop Polarisasi Nikon ARF-DX Tipe No.

104. Porositas batubara setelah diaktivasi kurang lebih 45 %.

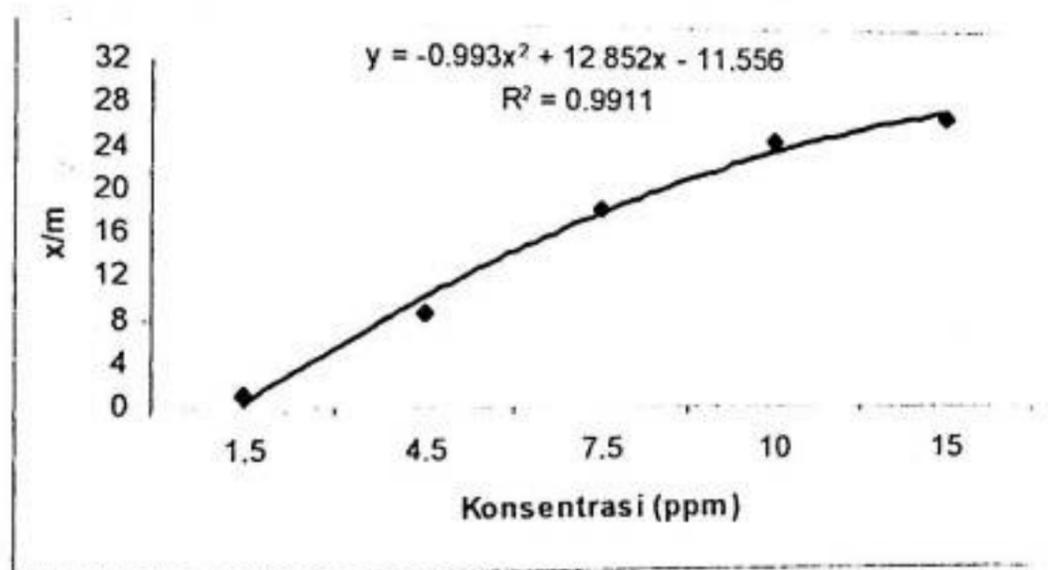
(Laboratorium Optik Jurusan Geologi Fakultas Teknik Unhas)

Bintik-bintik putih pada foto (Gambar III dan IV) adalah pori-pori yang dapat menjerap, di mana bintik-bintik putih pada gambar IV (karbon aktif) dengan porositas kira-kira 45 % lebih besar daripada gambar III (batubara yang belum diaktivasi) dengan porositas kurang lebih 15 %. Hal ini sesuai dengan model gambar yang disajikan oleh Metcalf dan Eddy Inc. (1981) dalam Hartinah Sri (1998). Unsur-unsur mineral dan persenyawaan kimia yang ditambahkan (pengaktivasi) akan meresap ke dalam arang dan membuka permukaan yang

mula-mula tertutup oleh komponen-komponen kimia; dengan demikian luas permukaan yang aktif bertambah besar.

C. Penentuan Model Kurva Adsorpsi

Konsentrasi larutan juga mempengaruhi proses adsorpsi. Semakin tinggi konsentrasi suatu larutan, maka semakin banyak pula zat terlarut yang dapat diadsorpsi oleh adsorben. Akan tetapi jika adsorben sudah jenuh, maka konsentrasi tidak lagi berpengaruh (Sukarjo, 1985).

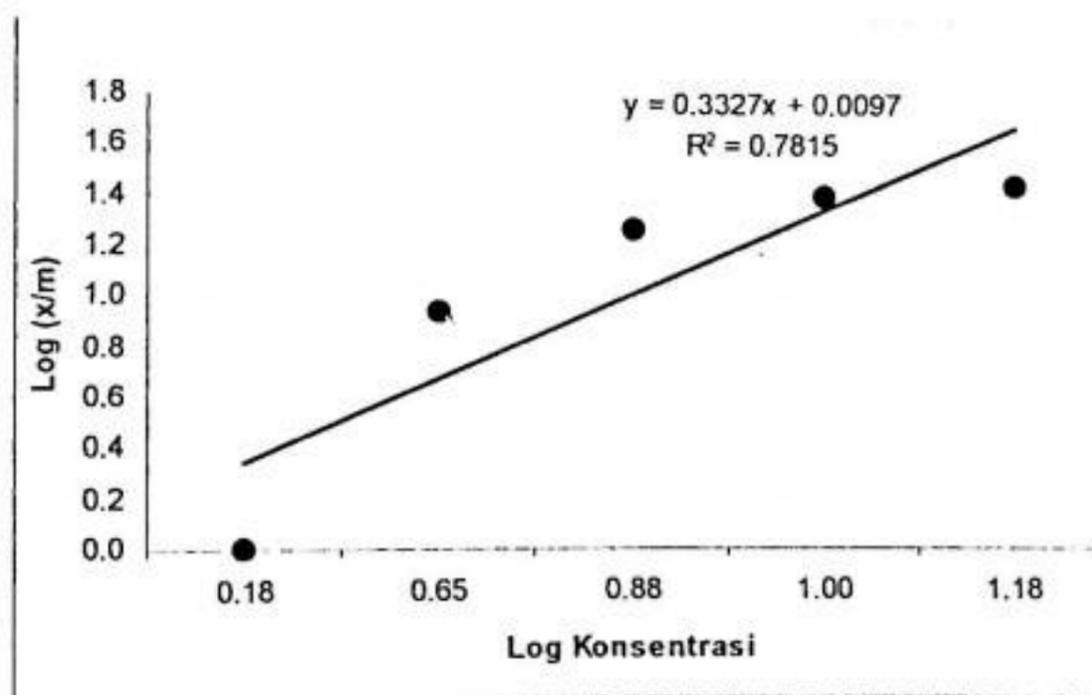


Gambar V. Grafik hubungan konsentrasi Larutan Fenol pada saat awal versus x/m (konsentrasi Fenol teradsorpsi per 0,3 gram karbon aktif). Karbon aktif yang digunakan adalah karbon aktif yang dikarbonisasi pada suhu 500°C selama 1 jam. Pengocokan dilakukan selama 48 jam.

Dari grafik hubungan antara x/m versus konsentrasi (Gambar V) tampak bahwa proses adsorpsi meningkat sejalan dengan bertambahnya konsentrasi larutan. Tetapi pada saat konsentrasi 10 ppm tampak garis mulai datar. Ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut, adsorben mulai jenuh dan tidak lagi dapat mengadsorpsi fenol. Ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa pada suatu

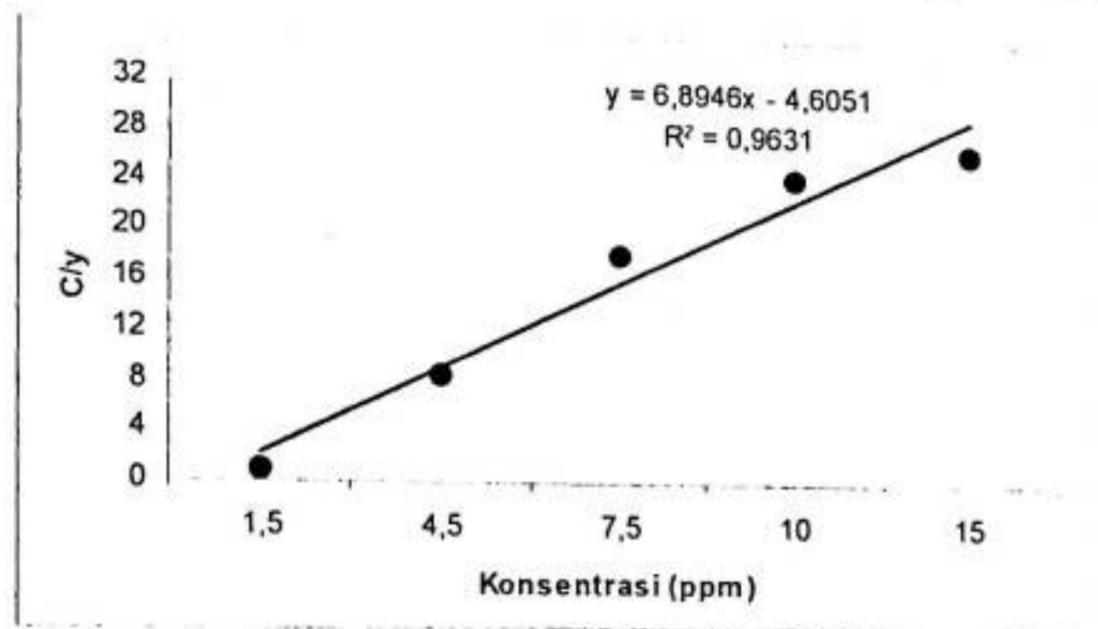
keadaan di mana konsentrasi larutan tinggi, maka permukaan adsorben menjadi jenuh, dan proses adsorpsi mencapai maksimum (Tan, 1991).

Untuk mengetahui model adsorpsi karbon aktif dari batubara apakah sesuai dengan model adsorpsi Langmuir atau Freundlich, maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan kurva linier c/y versus C menurut model adsorpsi Langmuir (Gambar VII) dan kurva linier $\log x/m$ versus $\log C$ menurut model adsorpsi Freundlich (Gambar VI). Dengan membandingkan nilai garis kuadrat terkecil, maka akan dapat dibakukan pola adsorpsi yang sesuai (Atkins, 1997).



Gambar VI. Grafik Linier hubungan log konsentrasi Fenol versus log x/m menurut model adsorpsi Freundlich

Gambar VII. Grafik linier hubungan C/y versus C , dimana C adalah konsentrasi awal larutan dan y adalah konsentrasi teradsorpsi per 0.3 gram adsorbent, menurut model adsorpsi Langmuir.



Dari kedua grafik tersebut di atas tampak bahwa model kurva Langmuir lebih cocok jika dibandingkan dengan dengan model kurva adsorpsi Freundlich di mana titik-titik yang diperoleh cenderung menunjukkan suatu hubungan garis lurus sesuai dengan nilai garis kuadrat terkecil di mana r^2 yang diperoleh untuk kurva Freundlich adalah 0,7815 sedangkan untuk Langmuir nilai r^2 yang diperoleh adalah 0,9631.

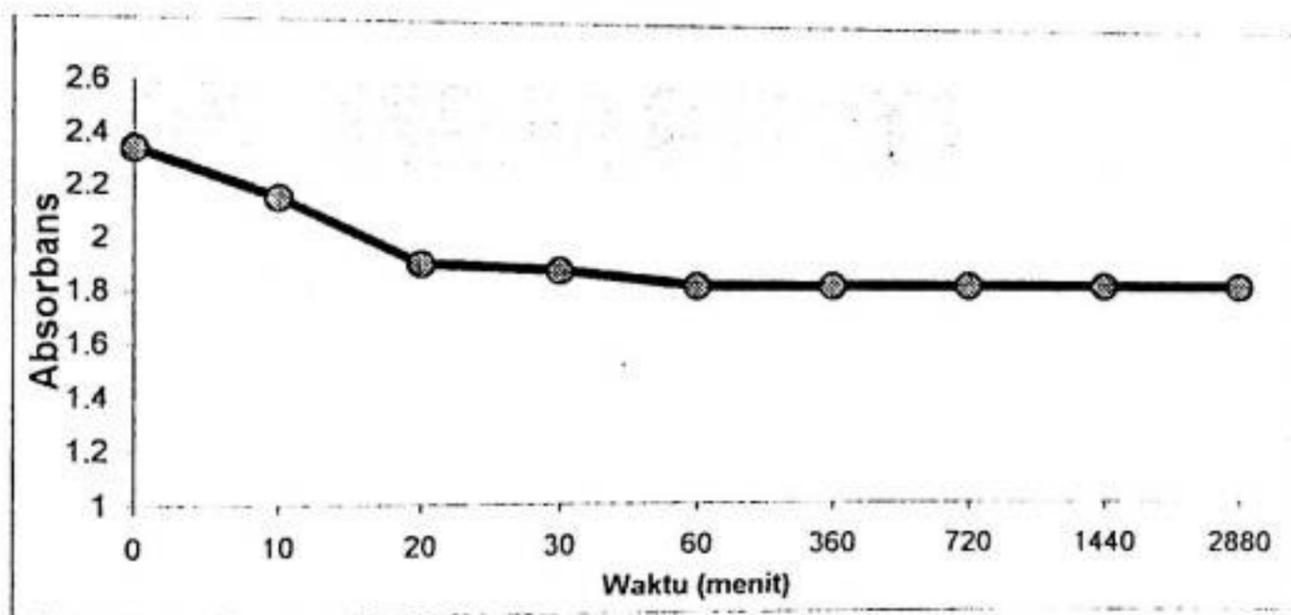
D. Adsorpsi Fenol

D.1 Penentuan Waktu Optimum

Uji pendahuluan dilakukan untuk menentukan waktu pengocokan optimum pada proses adsorpsi fenol oleh karbon aktif. Karbon aktif yang

digunakan adalah karbon aktif yang dihasilkan pada suhu karbonisasi 500 °C dan waktu karbonisasi 1 jam.

Pada penentuan waktu optimum pengocokan, digunakan 300 mg karbon aktif yang dicampur dengan 50 mL larutan fenol dengan konsentrasi 15 mg/L dan variasi waktu pengocokan 0 sampai 2880 menit. Hasil analisa yang diperoleh (Lampiran 5) dituangkan dalam bentuk grafik (Gambar VIII).



Gambar VIII. Grafik hubungan Absorbans versus waktu pengocokan dengan variasi 0-2880 menit. Karbon aktif yang digunakan 0,3 gram dengan suhu karbonisasi 500 °C waktu 1 jam pada larutan fenol konsentrasi 15 mg/L

Dari grafik hubungan antara jumlah fenol yang teradsorpsi versus waktu pengocokan seperti Gambar 8, dapat dilihat bahwa adsorpsi fenol meningkat dengan cepat hingga waktu pengocokan 20 menit, yang ditunjukkan dengan menurunnya absorbans secara drastis, namun setelah waktu pengocokan 30 menit adsorpsi mulai konstan. Hal ini disebabkan karena permukaan adsorben (karbon aktif) telah tertutupi oleh lapisan

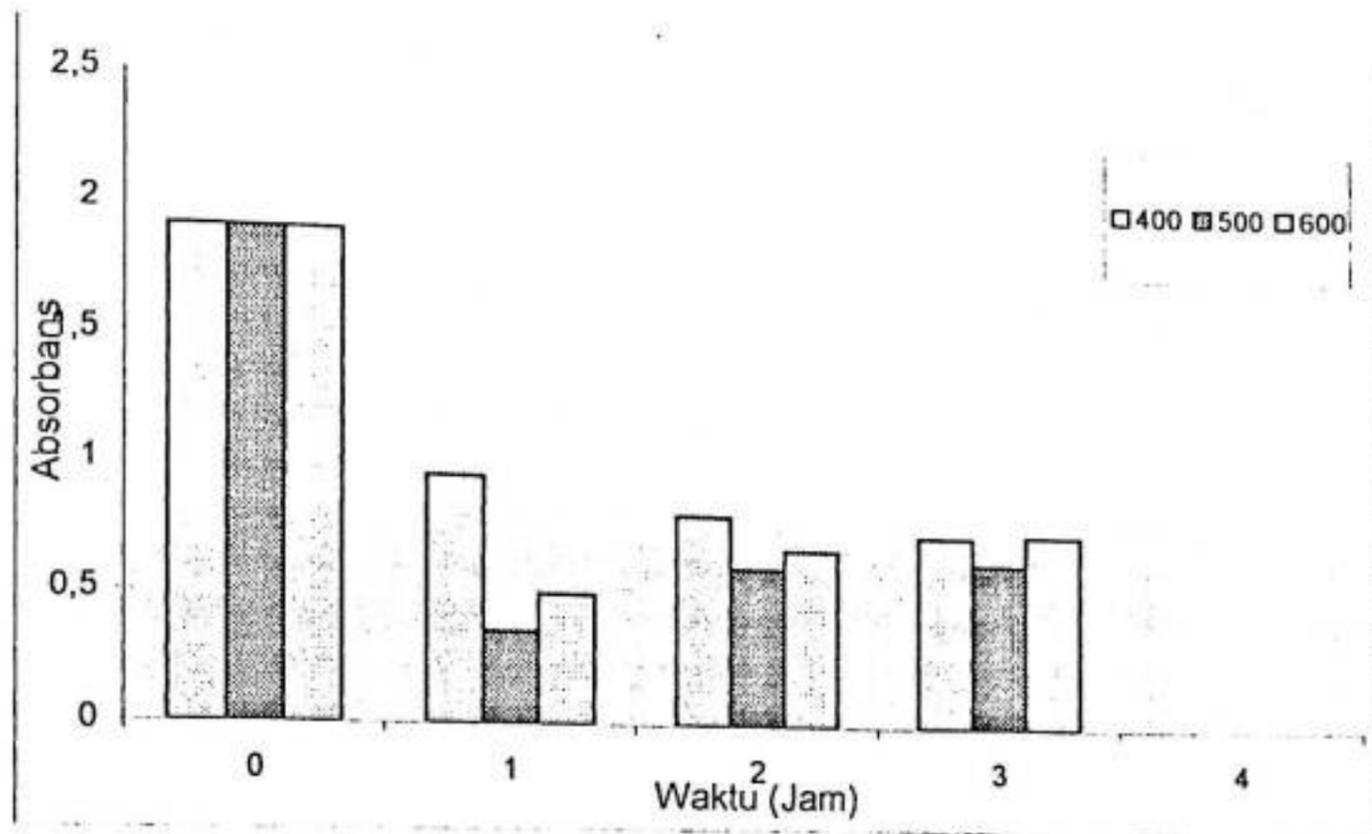
molekul fenol yang teradsorpsi sempurna, sehingga adsorpsi pada permukaan cenderung mencapai batas maksimum.

Sesuai dengan konsep adsorpsivitas, yaitu semakin lama waktu yang digunakan pada proses kontak antara adsorben dan zat terlarut, maka akan semakin banyak zat terlarut yang dapat teradsorpsi. Akan tetapi kemampuan adsorpsi suatu adsorbent terbatas pada waktu tertentu, di mana adsorbent tersebut tidak mampu lagi melakukan adsorpsi dikarenakan terjadinya kejenuhan pada permukaan adsorben, sehingga tidak terjadi perubahan konsentrasi dari zat yang teradsorpsi.

D.2. Penentuan Waktu dan Suhu Karbonisasi Optimum Karbon Aktif terhadap Adsorpsi Fenol

Karbon aktif yang digunakan adalah karbon aktif yang disintesis dengan aktivasi CaCl_2 dengan variasi suhu karbonisasi 400, 500 dan 600 °C dan variasi waktu karbonisasi 1, 2, dan 3 jam.

Gambar IX. adalah plot variasi waktu karbonisasi dan suhu karbonisasi karbon aktif terhadap absorbans dari fenol dengan konsentrasi 10 mg/L/0.3 gram karbon aktif. Dari grafik tersebut terlihat bahwa suhu karbonisasi 500 °C dan waktu karbonisasi 1 jam memiliki nilai absorban paling kecil; ini menunjukkan bahwa fenol yang dijerap pada kondisi ini adalah paling besar.



Gambar IX. Plot variasi suhu dan waktu karbonisasi versus Absorbans larutan fenol dengan konsentrasi 10 mg/L per 0,3 gram karbon aktif

Dari Gambar IX, terlihat bahwa pada suhu karbonisasi 400 °C fenol yang dijerap semakin besar bila waktu karbonisasi karbon aktif semakin lama. Namun pada suhu karbonisasi 500 °C dan 600 °C, semakin lama waktu karbonisasi semakin rendah daya jerapnya.

Besarnya daya jerap karbon aktif disebabkan karena senyawa hidrokarbon yang tertinggal pada permukaan karbon aktif terbang pada waktu proses karbonisasi sehingga permukaannya menjadi aktif. Selain itu semakin besar suhu dan waktu karbonisasi ikatan antara hidrogen dan karbon terlepas lebih sempurna sehingga akan memperluas permukaan bagian yang aktif (Hassler, 1945 dalam Pari, Gustan, 1991). Hal ini terlihat pada suhu

karbonisasi 400 °C, fenol yang dijerap semakin besar dari 1, 2, dan 3 jam karbonisasi.

Namun, pada karbonisasi 500 °C dan 600 °C, semakin lama waktu karbonisasi daya jerapnya terhadap fenol semakin menurun, di mana absorbannya semakin tinggi dari 1, 2, dan 3 jam karbonisasi. Hal ini disebabkan karena sampai suhu dan waktu tertentu, konversi karbon dan pembentukan pori dalam karbon aktif meningkat secara simultan dan diikuti dengan meningkatnya luas permukaan serta daya adsorpsinya, tetapi setelah itu dinding pori karbon mulai rusak sehingga akibatnya luas permukaan pori menurun kembali dan diikuti dengan menurunnya daya adsorpsi (Hartoyo *et al.*, 1990, dalam Pari, 1991)

BAB VI

P E N U T U P

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan dari pembahasan yang telah diuraikan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Karbon aktif yang dihasilkan dari batubara dengan pengaktivasi CaCl_2 berdasarkan variasi suhu karbonisasi 400, 500, dan 600 $^{\circ}\text{C}$ dan waktu karbonisasi 1, 2, dan 3 jam telah memenuhi persyaratan mutu standar karbon aktif yang dikeluarkan oleh Japanese Industrial Standard : JIS. 1474 - 1975 dan Standar Industri Indonesia, SII 0258 - 1998, di mana bagian yang hilang pada pemanasan 950 $^{\circ}\text{C}$ antara 6,31 dan 13,27%, Kadar air antara 4,18 dan 8,82 %, dan kadar abunya antara 4,92 dan 5,98 %.
2. Adsorpsi karbon aktif batubara terhadap fenol mengikuti persamaan Langmuir di mana nilai r^2 yang diperoleh adalah 0,9631
3. Suhu optimum dan waktu optimum karbonisasi dicapai pada suhu karbonisasi 500 $^{\circ}\text{C}$ dan waktu 1 jam yaitu absorban jerapan terhadap larutan fenol 0,358.

B. SARAN

Perlunya diadakan penelitian sintesis karbon aktif dari batubara dengan pengaktivasi kimia yang lain.

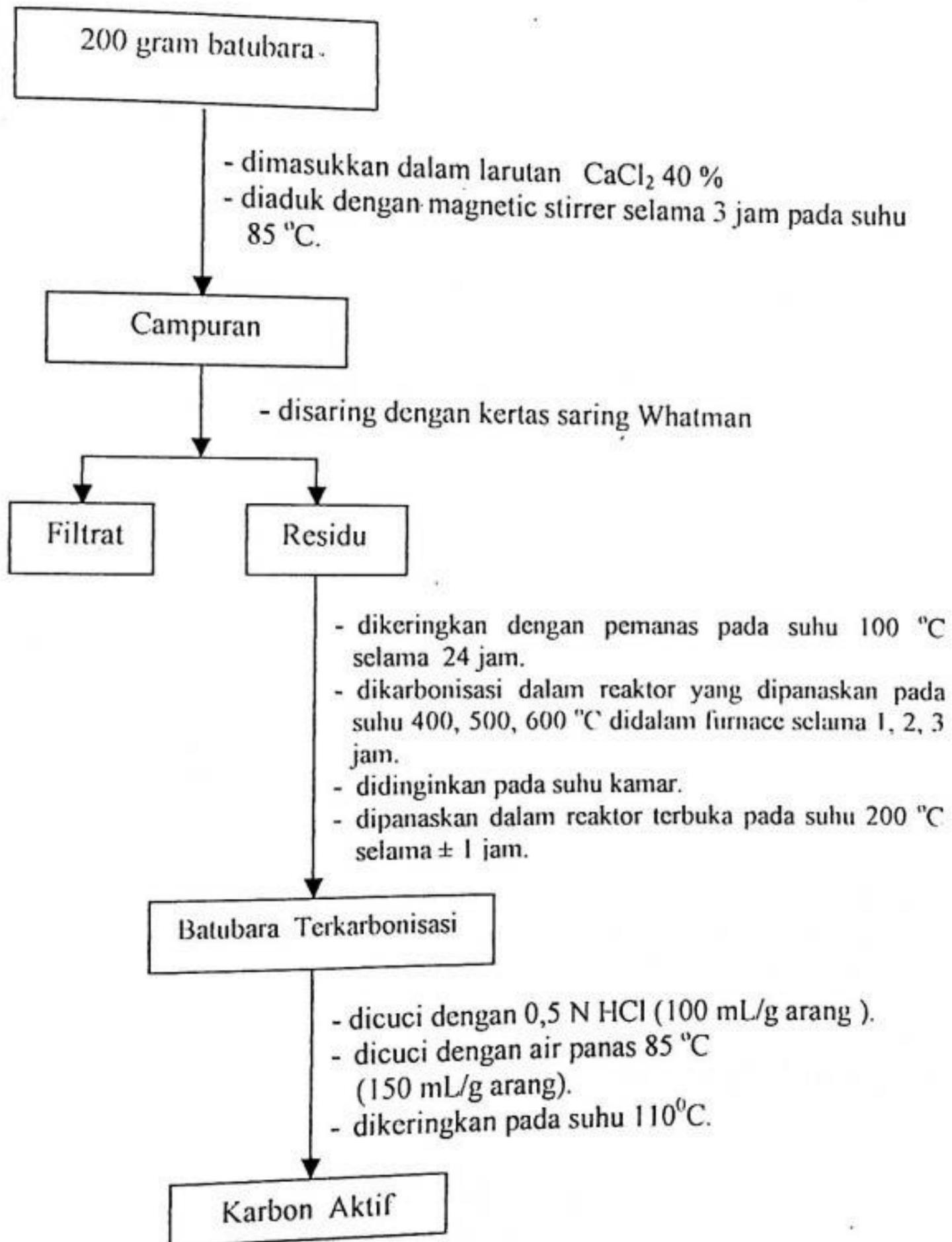
DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1997, *Mutu dan Cara Uji Arang Aktif*, Standar Industri Indonesia SII 0258-88.
- Budi, P., 1999, *Kimia Informatika dan Spesialisasi Baru (Kasus: Desulfurisasi Batubara)* Kolokium Pemutakhiran Ilmu Kimia, Laboratorium Kimia Radiasi, Jurusan Kimia F-MIPA Universitas Hasanuddin, Makassar
- Cheremisinoff, P. N. and A.C. Morresi, *Carbon Adsorption Application*, in : Carbon Adsorption Handbook
- Collin, R. W. 1984., *Coal and Coal Technology*, Blackwell Scientific Publication.
- Cookson, T. J. 1978, *Adsorption Mecanism. The Chemistry of Organic Adsorption on Activated Carbon*, in : Carbon Adsorption Handbook, ed. By. P.N Cheremisinof and F. Ellerbusch. Ann Arbor, Ann Arbor Science : 241-279.
- Connel, D.W., dan Gregory, J.M., 1995, *Kimia dan Ekotoksikolgi Pencemaran*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Geyer, R.A., 1981. *Marine Environmental Polution 2*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam Oxford New York.
- Hartinah, Sri, Msi. dkk., 1998. *Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa*. Paket Informasi Teknologi, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Hartoyo, dkk. 1990. *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Kayu Bakau dengan Cara Aktivasi Uap*. Penelitian Hasil Hutan, 1 (8) : 8-16.
- Hessler, J.W. *Active Carbon*. New York, Chemical Publishing, 1951.
- Hsisheng Teng and Tien-Sheng Yeh, 1998. *Preparation of Activated Carbons from Bituminous Coals with Zinc Chloride Activation*. Department of Chemical Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan 70101, Taiwan.
- Hutabarat, S. dan S. M. Evans, 1984. *Pengantar Oceanografi*. Penerbit Universitas Indonesia.

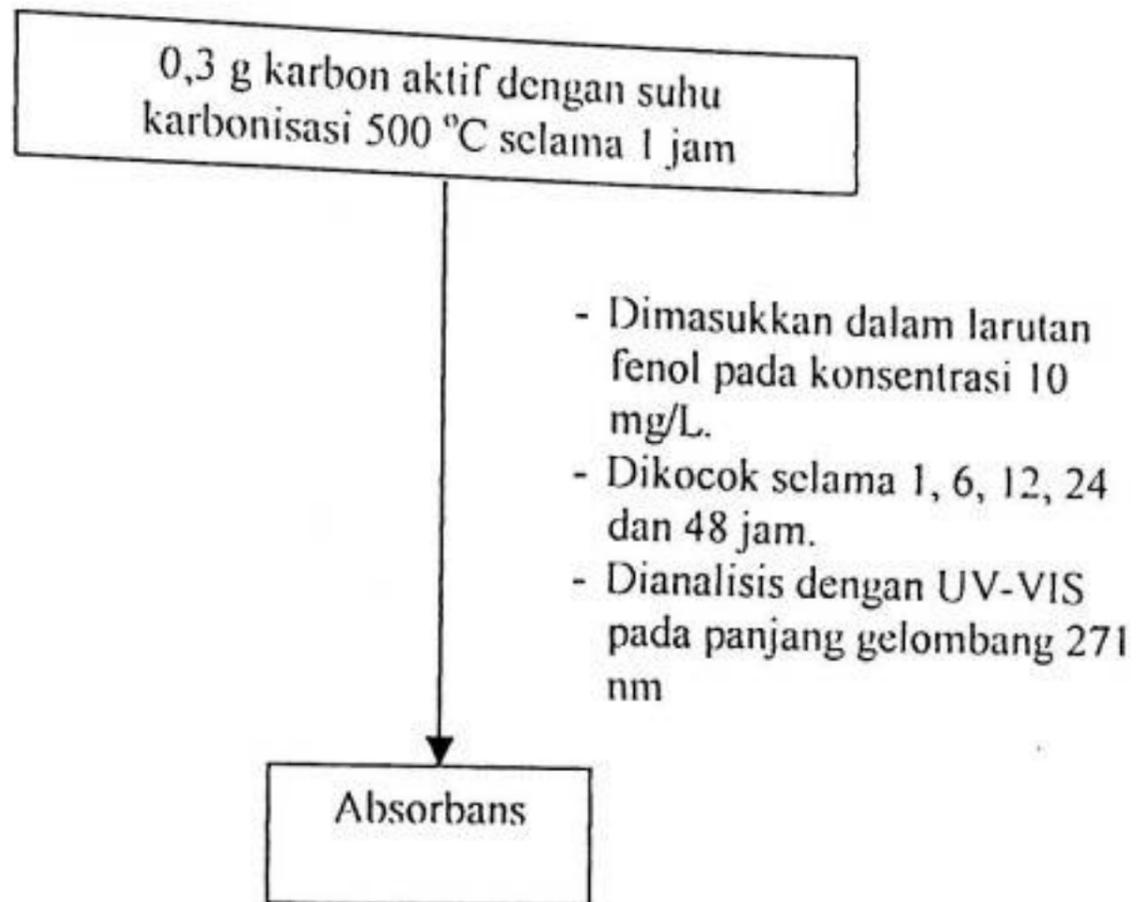
- Kirk, R. E. and D. F. Othmer, 1964, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd ed, vol.4, New York, Jhon Wiley : 149 – 156.
- Khopkar, S. M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI-PRESS, Universitas Indonesia. Jaakarta.
- Laidler, K.J and J. H. Meiser, 1982, *World Student Series Edition : Physical Chemistry*, The Benjamin Cummings Publishing.
- Montenegro, H. M., 1976, *Coconut Shell Charcoal and Activated Carbon Industries*. Proceedings Workshop on Coconut Industrial Research, Tagaytay Philippine, February, 1976 : 131-139.
- Palar, H. I. R. 1994, *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rineka Cipta.
- Pohan, H. G., 1987, *Arang Batok Kelapa, Uang yang Berserakan Disampahkan* Suara Karya , 5 Oktober.
- Pohan, H.G., 1988, *Pemanfaatan Tempurung Kelapa untuk Arang Aktif Sebagai Hasil Samping Pengolahan Kelapa* Proseding seminar Penelitian Pasca Panen Pertanian, Badan Litbang Pertanian.
- Snell, F. D and C.L Hilton, 1968, *Encyclopedia of Chemical Analysis*, vol. 8 New York, Jhon Wiley : 139-161.
- Tan, H., 1991, *Kimia Tanah*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Vogel, A. I. 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semi Mikro*. Edisi ke-5 Terjemahan PT Kalman Media Pusaka. Jakarta.

Lampiran 1

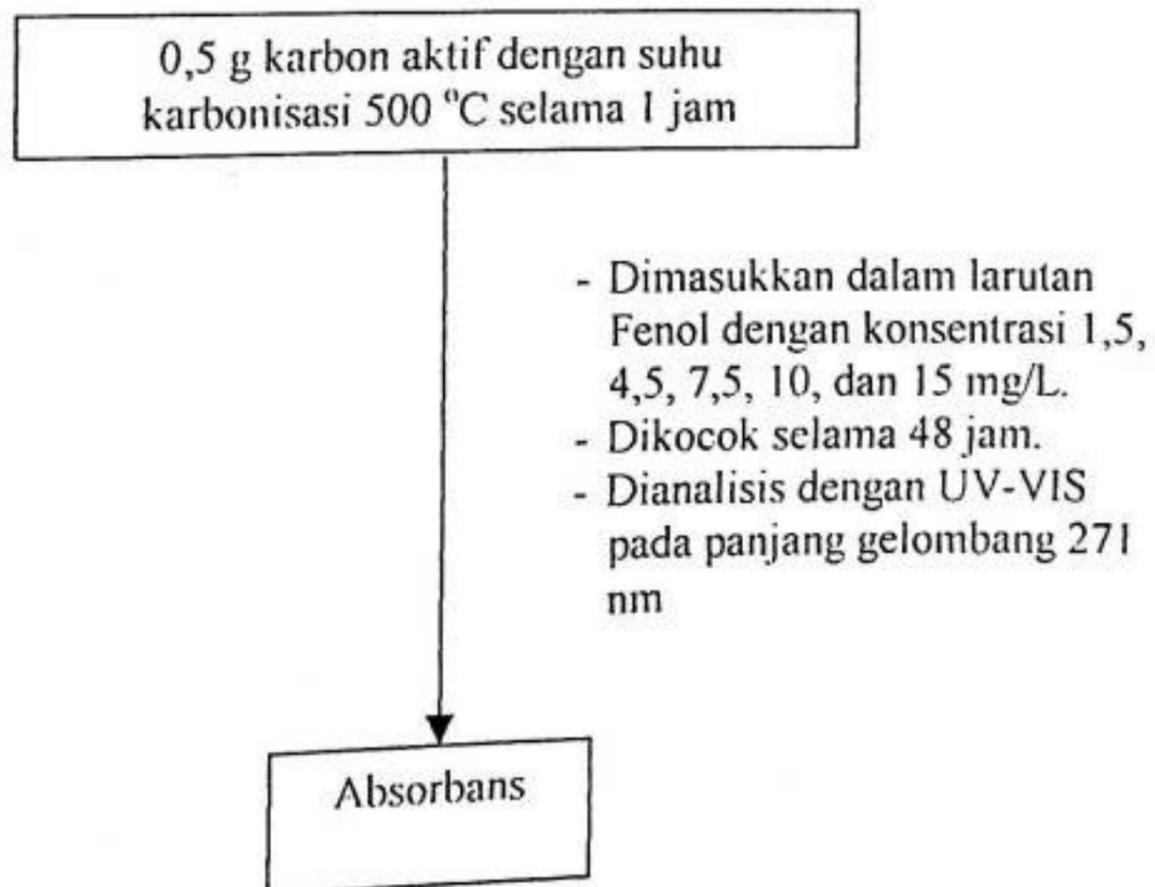
SKEMA SINTESIS BATUBARA



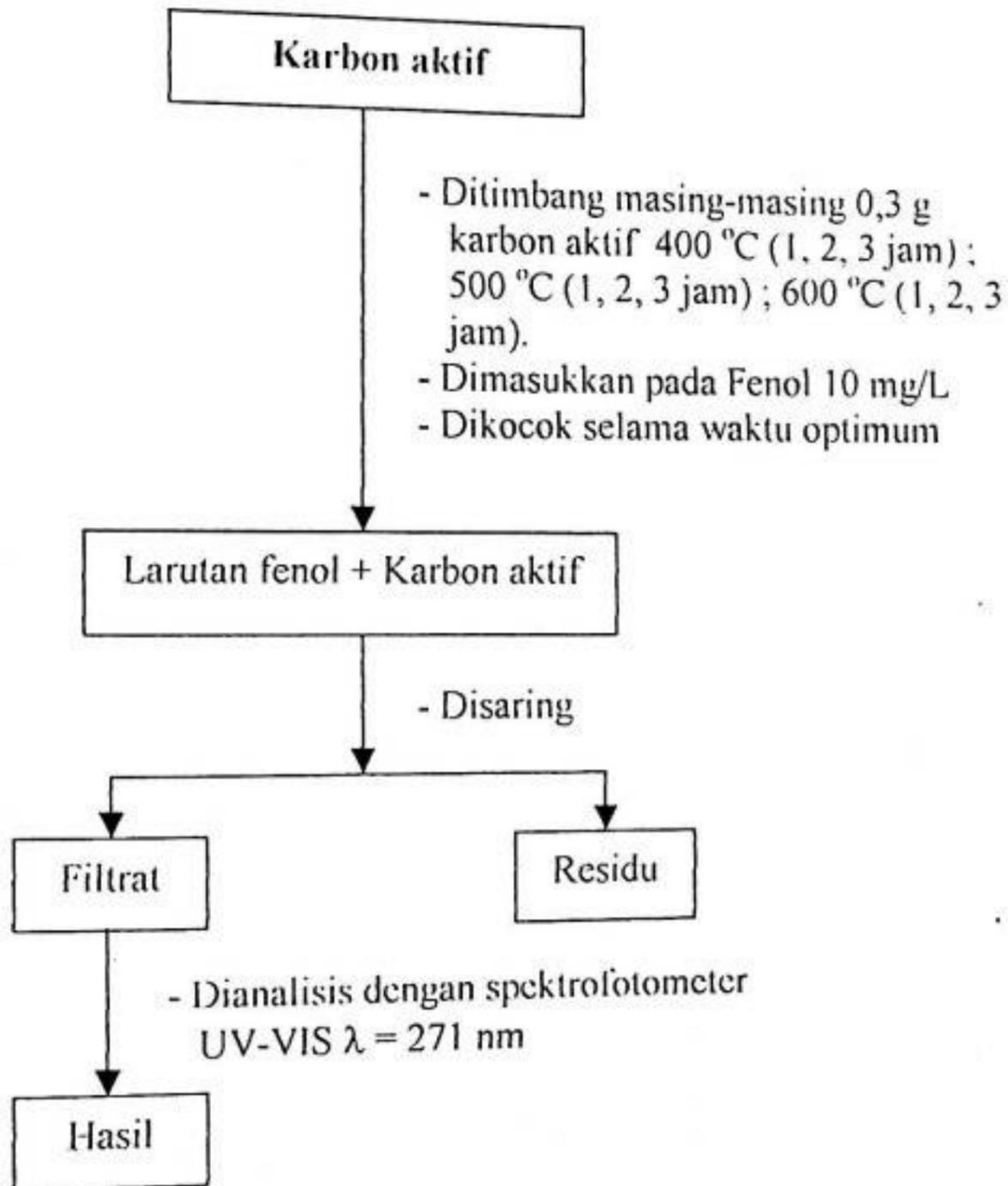
Lampiran 2. Skema Penentuan Waktu Optimum Penjerapan Fenol



Lampiran 3. Diagram Analisis Jerapan Karbon Aktif terhadap Fenol dengan Variasi Konsentrasi Fenol



SKEMA ADSORPSI FENOL



Lampiran 5. Data absorban penentuan Waktu Optimum Penjerapan

Waktu (menit)	Absorban ^(*)
0	2,34
10	2,153
20	1,902
30	1,88
60	1,825
360	1,827
720	1,829
1440	1,830
2880	1,830

Lampiran 6. Data absorban jerapan Karbon Aktif terhadap fenol dengan variasi Konsentrasi Fenol.

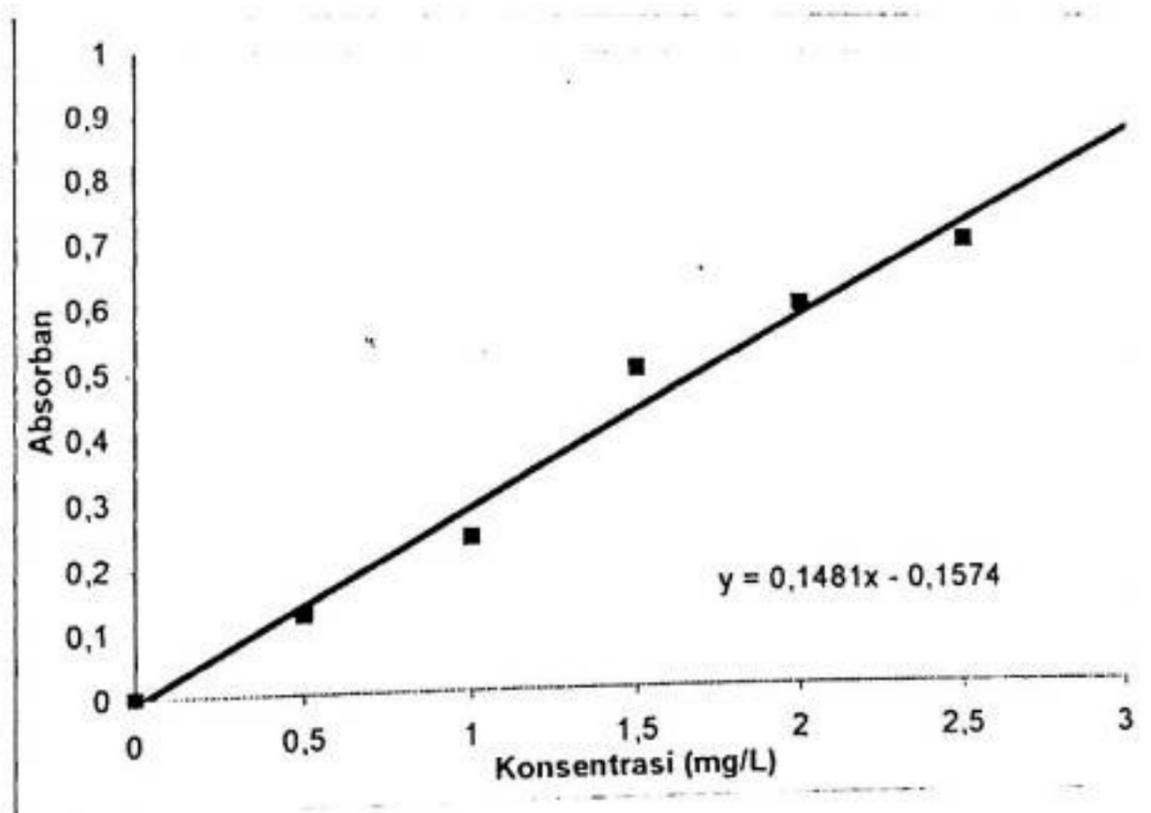
Konsentrasi fenol (mg/L)	Absorban ^(*)
1,5	0,002
4,5	0,125
7,5	0,134
10	0,213
15	0,851

Lampiran 7. Data Absorban^(*) jerapan karbon aktif terhadap larutan Fenol

Waktu Karbonisasi (jam)	Suhu karbonisasi (°C)		
	400	500	600
0	1,909	1,909	1,909
1	0,962	0,358	0,506
2	0,825	0,622	0,696
3	0,762	0,656	0,772

(*) Pengukuran dilakukan di Laboratorium Kesehatan, Dinas Kesehatan Propinsi Sulawesi Selatan.

Lampiran 8. Kurva Standar Larutan Fenol



Konsentrasi (ppm)	0	0.5	1	1.5	2	2.5
Absorban	0	0.125	0.241	0.501	0.602	0.710

Lampiran 9. Data Nilai kurva adsorpsi Freundlich dan Langmuir

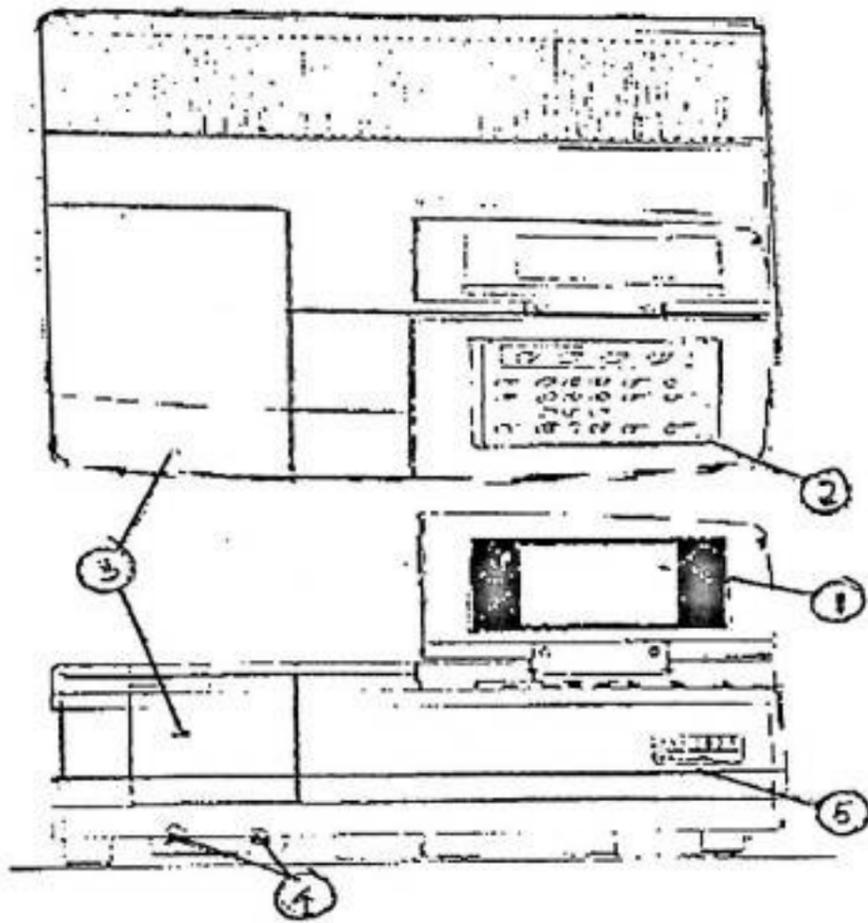
A. Adsorpsi Freundlich

Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi teradsorpsi (ppm)	Log x/m
1,5	0.302	0.003
4,5	2.593	0.937
7,5	5.532	1.266
10	7.499	1.398
15	8.191	1.436

B. Adsorpsi Langmuir

Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi teradsorpsi (ppm)	C/y
1,5	0.302	1.0072
4,5	2.593	8.6439
7,5	5.532	18.441
10	7.499	24.997
15	8.191	27.304

Lampiran 10. Tampak depan dan Tampak atas UV-1601



Keterangan :

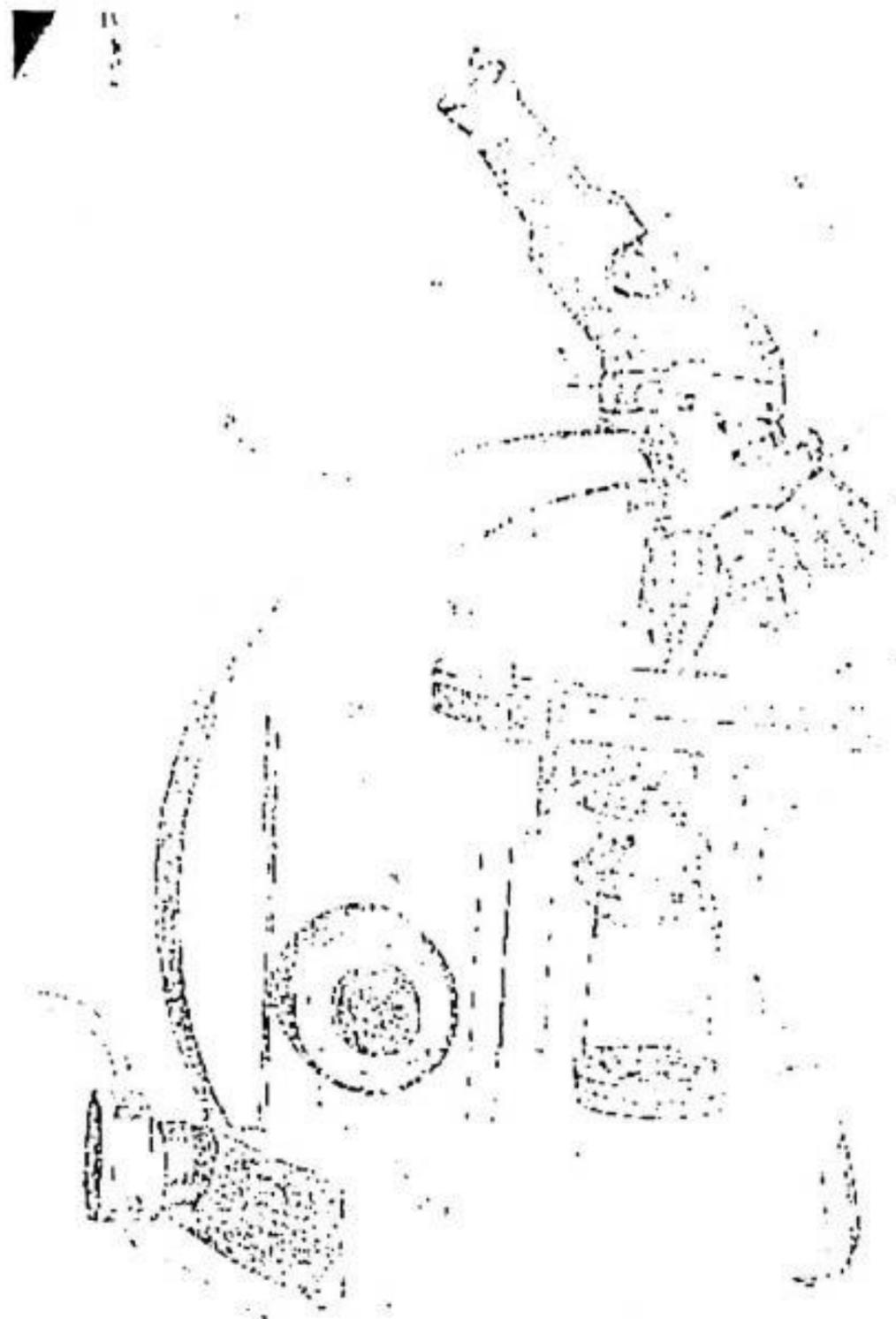
1. Unit LCD. Ini menampilkan menu operasi, hasil pengukuran, dan lain-lain. Ini merupakan unit dengan resolusi dot (titik) 320 x 240, dan LCD yang diberi penerangan dari latar belakang.
2. Papan Tombol. Ini merupakan komponen input untuk memberikan perintah operasi dan nilai angka kepada instrumen. Papan tombol untuk mengetahui petunjuk terperinci
3. Kompartemen sample. Ini merupakan komponen di mana sample yang sedang diukur disetel.
4. Sekrup Penyetelan Kompartemen Sampel. Sekrup model tertentu. Ini merupakan sekrup untuk memasang unit kompartemen sample.
5. LED. Menyala apabila unit dalam keadaan ON

Lampiran 11. Spesifikasi UV/VIS Tipe 1601

Kisaran panjang gelombang ukur	190 – 1100 nm
Lebar ban spektrum (resolusi)	2 nm
Tampilan panjang gelombang	0,1 nm unit
Seting panjang gelombang	0,1 nm unit (1 nm unit dalam scan)
Ketepatan panjang gelombang	± 0,5 nm Mekanisme kalibrasi panjang gelombang otomatis pada peralatan
Kemampuan ulang panjang gelombang	± 0,1 nm
Kecepatan scan panjang gelombang	Perintah GOTO WL sekitar 600 nm/menit Sangat cepat sekitar 3200 nm/menit Cepat sekitar 2200 nm/menit Sedang sekitar 3700 nm/menit Lambat sekitar 260 nm/menit Sangat lambat sekitar 160 nm/meit
Interval pengambilan sample	1,0 nm (2,0 nm) : 910 nm > kisaran lambda ≥ 500 nm 0,5 nm (1,0 mm) : 500 nm > kisaran lambda ≥ 200 nm 0,2 nm (0,5 mm) : 200 nm > kisaran lambda ≥ 100 nm 0,1 nm (0,2 mm) : 100 nm > kisaran lambda Bagian dalam interval pengambilan sampel () menunjukkan interval pada kecepatan scan panjang gelombang yang “sangat cepat” (di dalam “kisaran lambda tercantum selisih antara panjang gelombang dimulainya pengukuran dan panjang gelombang diakhirinya pengukuran).
Pengalihan sumber lampu	Pengalihan otomatis dengan kisaran panjang gelombang dapat disetel di manapun dalam kisaran mulai dari 295,0 nm sampai 364,0 nm (direkomendasikan 340,8 nm)
Sinar terpancar	Kurang daripada 0,05%
Sistem photometric	Optic sinar dobel
Kisaran photometric	Penyerapan : -0,5~3,999 Abs (Apabila kurva garis dasar

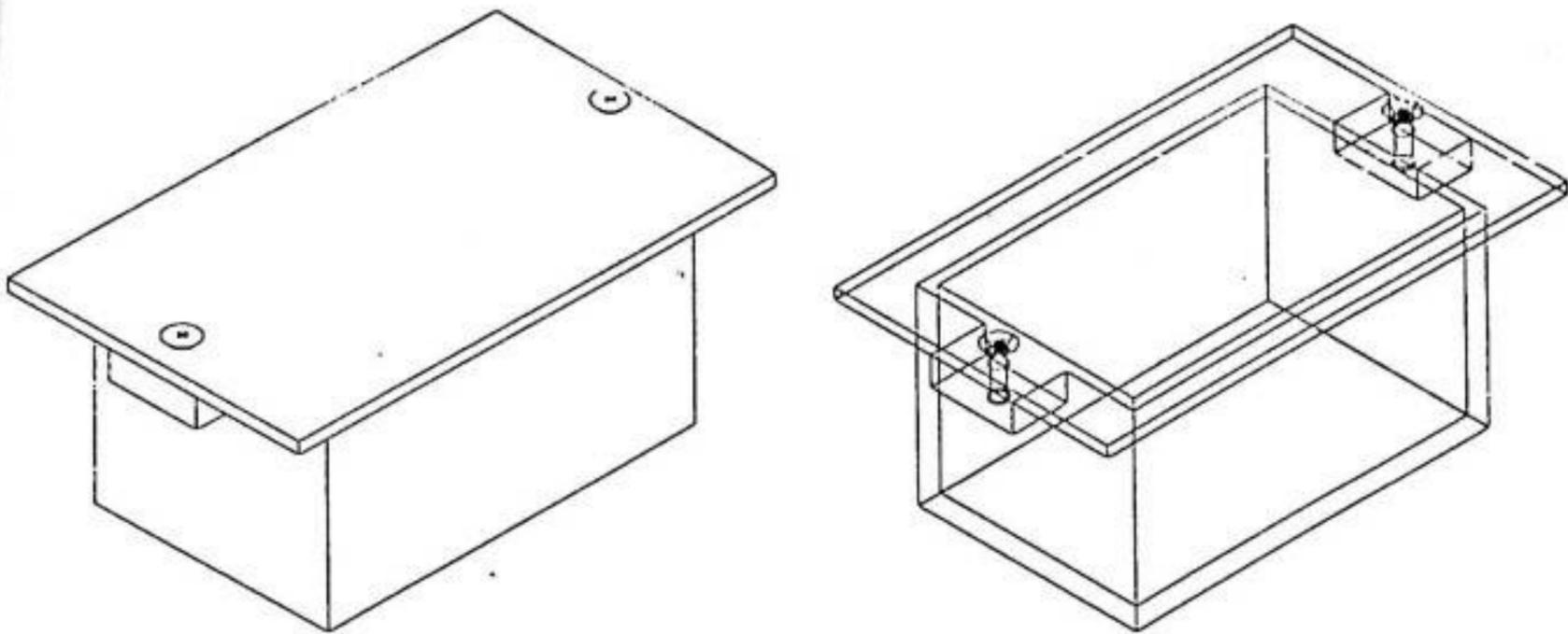
	yang tidak dikoreksi berada dalam 0,5 Abs)
Kisaran rekam	Transmisi : 0 ~ 300%
	Penyerapan : -3,99 ~ 3,99 Abs Transmisi : -3,99 ~ 3,99%
Ketepatan photometric	±0,004 Abs (pada 1,0Abs) ±0,002 Abs (pada 0,5 Abs)
Kemampuan ulang photometric	±0,002 Abs (pada 1,0 Abs) ±0,001 Abs (pada 0,5 Abs)
Fungsi auto zero	Tombol [AUTOZERO] memungkinkan stelan dengan satu sentuhan
Stabilitas garis dasar	±0,001 Abs/jam
Kedataran garis dasar	±0,002 Abs
Tingkat kebisingan	0,002 Abs
Koreksi garis dasar	Koreksi otomatis yang menggunakan komputer.
Sumber lampu	Lampu Halogen 50 W (masa pakai 200 jam), lampu deuterium (tipe steker), mekanisme penentuan posisi sumber lampu otomatis pada tempat lampunya.
Monochromator	Menggunakan grating holografis nyala cekung koreksi penyimpangan
Alat deteksi	Silicon photodiode
LCD	Lampu dari belakang (320 x 240 dot) kontras yang disesuaikan
Kompartemen sampel	Ukuran bagian dalam 110 x 230 x 105 (mm).
Daya listrik	100, 120, 220, 240 volt 50/60 hertz 160 Va.
Ukuran	550 x 470 x 380 (200 pada unit LCD penutup) (mm) (panjang x lebar x tinggi).
Berat	18 kg
Temperatur sekeliling	Temperatur ruangan 15 – 35 °C
Kelembaban	Kelembaban 45 – 80 %.

Lampiran 12. Gambar Mikroskop Polarisasi



Keterangan : A. Kaki; B. lengan; C. Sumber Cahaya; D; "Substage Unit"; D₁. Sekrup pengatur ketinggian "Substage Unit"; E. Polarisator; E₁. lengan untuk memutar Polarisator; F. Diafragma iris; G. Lensa kondensor; G₁. Sekrup pengatur untuk memasang/mengeluarkan kondensor; H. Meja Obyek; H₁. Nonius; H₂. Sekrup untuk mengunci meja obyek; H₃.sekrup pengatur focus yang halus; H₄. sekrup pengatur fokus yang kasar; I. Tubus mikroskop; J₁. kepala putaran; K;Lensa obyektif; K₂. dua gelang unruk memusatkan obyektif; L. Lubang untuk kopensator; M. Analisator; N. Lensa Amici- Bertrand; O. Okuler.

Lampiran 13.

Gambar Reaktor Baja

Keterangan Gambar :

1. Ukuran panjang : 12 cm
2. Ukuran lebar : 8 cm
3. Ukuran tinggi : 7 cm
4. Ketebalan baja : 4 mm