

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Aplikasi arang (*biochar/terra preta*) pada lahan bukan merupakan konsep baru (Mann, 2005), sebagai contoh bumi gelap antropogenik di Lembah Amazon mengandung jumlah besar bahan arang-residu dari hasil pembakaran biomassa (Sombroek, 2003). Pemanfaatan arang secara sengaja pada lahan di Lembah Amazon kemungkinan besar telah menjadi kebiasaan para petani Suku Amerindian pra Columbus sebelum kehadiran orang-orang Eropa.

Total simpanan karbon (C)-nya sangat tinggi, yaitu 250 ton C/ha jauh lebih besar daripada nilai tipikal setempat dengan bahan induk yang sama, yaitu 100 ton C/ha pada tanah Amazon (Glaser, 2001). Secara teoritis kandungan C tanah tersebut bahkan jauh lebih berpotensi sekuestrasi C dalam biomassa tanaman bahkan jika suatu areal lahan kosong ditanami kembali (*restoke*) menjadi hutan primer yang hanya akan mengandung sekitar 110 ton C/ha di atas tanah (Sombroek, 2003).

Potensi jumlah limbah pertanian dan hutan sedemikian berlimpah, antara lain dari hasil pembukaan lahan maupun aktivitas permanenan yang meninggalkan limbah berupa daun, ranting termasuk pohon rusak. Berdasarkan data, potensi limbah sekitar 29,70 juta m<sup>3</sup>/tahun, limbah industri, penggergajian kayu sekitar 1,40 juta m<sup>3</sup>/tahun (Anonim, 2000). Melalui proses karbonasi/ pirolisis, seyogyanya limbah tersebut dapat dikonversi menjadi *biochar* untuk selanjutnya difungsikan sebagai *soil condition*. Disisi lain, lahan kritis di Indonesia telah mencapai luasan sekitar 50 juta ha (Harun, 2008).

Memperhatikan potensi bahan baku yang berlimpah dan *benefit biochar* yang sangat potensial, maka penelitian terhadap pemanfaatan *biochar* sebagai *soil conditioner* terutama dalam upaya memperbaiki status kesuburan lahan-lahan kritis dalam kaitannya dengan akselerasi pertumbuhan jenis-jenis tanaman hutan dipandang sangat perlu untuk dilakukan.

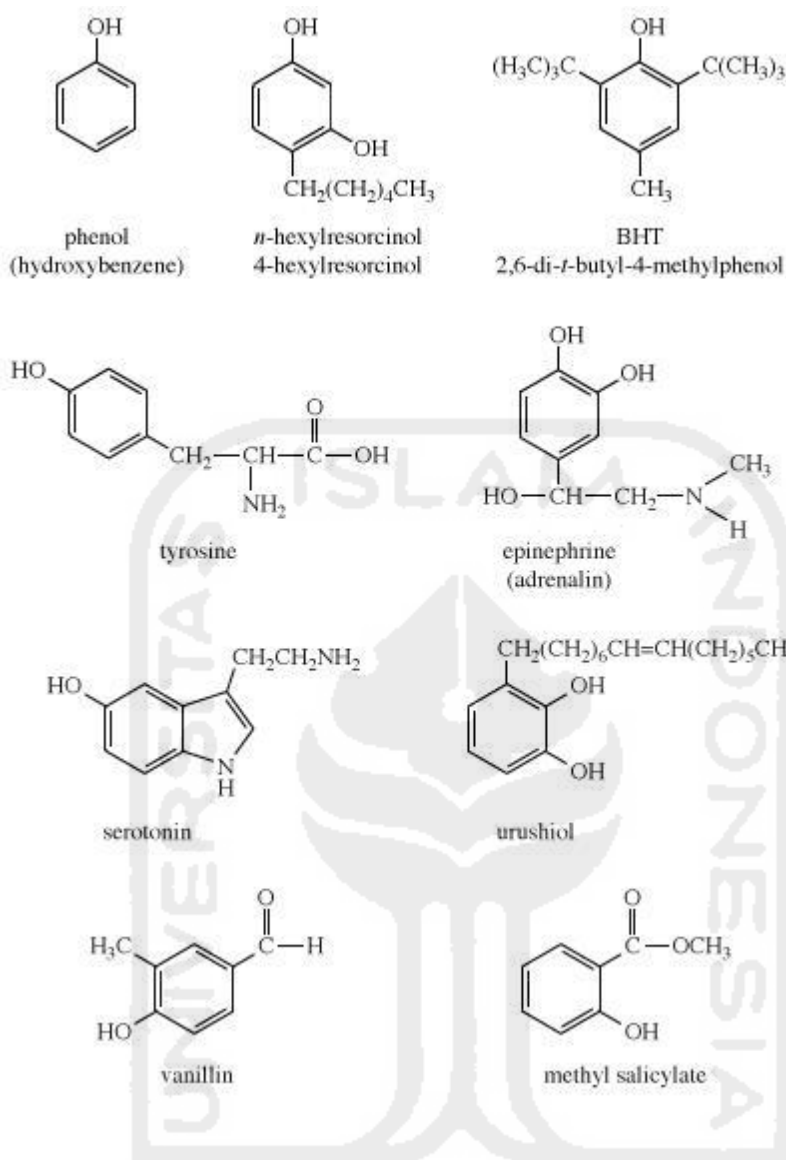
Salah satu metode untuk mengolah limbah cair secara kimia adalah melalui proses adsorpsi. Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan karbon aktif yang dibuat dari bahan bakar limbah yang mengandung karbon. Proses adsorpsi merupakan salah satu teknik pengolahan limbah yang diharapkan dapat menggunakan untuk menurunkan konsentrasi logam berlebihan. Adsorben yang pernah digunakan dalam penelitian adsorpsi dengan memanfaatkan tempurung kelapa (Prilianti, Ratna 2003), limbah kayu sengon (Abadi, Nurul 2005) dan limbah kayu jati (Azizah, Nur 2009). Alternatif penerapan metode adsorpsi dengan karbon aktif dipilih karena permukaan karbon aktif yang luas, kemampuan adsorpsi yang besar, mudah diaplikasikan dan biaya yang diperlukan relative murah.

Penggunaan adsorben konvensional memerlukan biaya operasional dan regenerasi yang relatif lebih mahal (Wiloso, 2003). Adsorben konvensional yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah alumina, karbon aktif, silika gel, dan zeolit. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik tetapi tidak ekonomis. Dewasa ini sedang digalakkan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif yang berasal dari alam, karena selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik, adsorben tersebut juga bersifat lebih ekonomis (Jalali, *et al.*, 2002).

Fenol alkohol membentuk ikatan hydrogen yang kuat, dengan demikian, fenol lebih larut dalam air daripada alkohol dan memiliki titik didih yang tinggi. Fenol berupa cairan

baik berwarna atau padatan putih pada suhu kamar dan mungkin sangat beracun dan kaustik. Fenol yang banyak digunakan dalam industry untuk keperluan bahan awal untuk membuat plastic, bahan peledak seperti asam pikrat dan obat-obatan seperti aspirin..(Wade, 2008). Fenol yang sering ditemukan di alam seperti tirosin, salah satu asam amino standar yang ditemukan sebagian besar protein. Banyak fenol yang digunakan sebagai perasa dan aroma yang diperoleh dari minyak essensial dari tanaman. Misalnya vanilli, terisolasi dari biji vanilli dan metil salisilat.

Fenol atau asam karbolat atau benzenol adalah zat Kristal tak berwarna yang memiliki bau khas. Rumus kimia fenol adalah  $C_6H_5OH$  dan strukturnya memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berikat dengan cincin fenil. Kata fenol juga merujuk pada beberapa zat yang memilki cincin aromatic yang berikatan dengan gugus hidroksil. Fenil alkohol (fenol) merupakan zat padat yang tidak berwarna dan mudah meleleh dan terlarut baik didalam air. Fenol yang diketahui fungsinya sebagai zat desinfektan yang umum dipakai orang. Berbeda dengan alkohol alifatik, fenol sebagai alkohol aromatic mempunyai sifat yang berbeda. Dalam air, fenol sedikit terionisasi menghasilkan ion  $H^+$  dengan  $K_a$  10<sup>-10</sup>.



Gambar 1. Senyawa fenol dan derivatnya

Fenol merupakan senyawa terhalogenasi sintetis yang disintesis melalui klorinasi senyawa fenol yang merupakan turunan dari senyawa berinti benzene. Fenol terklorinasi dan derivatnya digunakan secara luas sebagai insektisida, fungisida, hebrisida, sebagai bahan dasar cat dan pengawet kayu. Penggunaan derivat-derivat klorofenol menimbulkan berbagai masalah lingkungan karena berpotensi sebagai pencemar yang tidak mudah mengalami degradasi jika terlepas di alam.

Adsorpsi dengan karbon aktif telah ditemukan sebagai adsorben yang lebih unggul dibandingkan dengan metode kimia dan fisik lainnya untuk penanganan limbah air yang memiliki kemampuan untuk menyerap berbagai polutan secara efisien. Karbon aktif dari limbah tandan pisang merupakan salah satu karbon aktif yang terbaru dan lebih murah. Keberadaan fenol dan derivatnya meningkatkan efek racun pada lingkungan dan kesehatan manusia. Salah satu cara yang dikembangkan untuk menangani limbah fenol adalah dengan cara mengadsorpsi menggunakan karbon aktif. Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh penambahan larutan KOH terhadap karbon aktif. Karbon aktif yang didapat kemudian diaplikasikan sebagai adsorben fenol.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah metode pembuatan arang aktif berbahan dasar limbah tandan pisang?
2. Apakah arang aktif yang telah diaktifasi dengan KOH dapat digunakan sebagai adsorben limbah Fenol yang efisien?
3. Bagaimana efektifitas daya serap arang aktif untuk menyerap limbah Fenol dan seberapa banyak limbah yang terjerap oleh karbon aktif?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui cara pembuatan arang aktif berbahan dasar limbah tandan pisang.
2. Mengetahui seberapa efektif asam arang aktif menyerap limbah Fenol.
3. Mengetahui berapa banyak senyawa Fenol yang terjerap oleh asam karbon aktif.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukan aktivasi arang aktif dengan KOH dalam penelitian ini diharapkan dapat menurunkan konsentrasi Fenol dan mengetahui efektifitas penggunaan karbon aktif sebagai adsorben untuk limbah Fenol.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Biochar**

*Biochar* merupakan substansi arang kayu yang berpori (porous), atau sering disebut *charcoal* atau *agrichar*. Karena bahan dasarnya berasal dari makhluk hidup, *biochar* disebut juga arang aktif. Dalam proses produksi *biochar* dapat digunakan limbah pertanian atau kehutanan, termasuk potongan kayu, tempurung kelapa, tandan kelapa sawit, tongkol jagung, sekam padi atau kulit biji kacang-kacangan, kulit kayu, sisa usaha perkayuan, dan bahan organik daur ulang lainnya (Anischan, 2009). *Biochar* pertama kali dibuat dengan metode pirolisis lambat dimana bahan baku berupa biomassa yang terbakar dalam keadaan oksigen terbatas dengan laju pemanasan dan suhu puncak yang relatif rendah (S, Lopez, Krull, & Bol, 2009). Pirolisis merupakan kasus khusus termolisis. Tujuannya adalah melepaskan zat terbang (*volatile matter*) yang terkandung pada biomassa. Secara umum kandungan zat terbang dalam biomassa cukup tinggi. Bahan-bahan yang dapat dikonversi secara pirolisa adalah bahan yang mempunyai kandungan selulosa tinggi (Zaror & Pyle, 1982). Metode aktivasi yang umum digunakan adalah aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Aktivasi kimia adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Sedangkan aktivasi fisika merupakan pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO<sub>2</sub> (Sembiring & Sinaga, 2003). Hasil Pembakaran dapat langsung digunakan sebagai ameliorant tanah. *Biochar*

umumnya mempunyai pH basa, C-organik dan luas permukaan tinggi(Liang B.J. Lehman, 2011).

Limbah fenol merupakan salah satu senyawa organik yang berasal dari buangan industry yang berbahaya bagi lingkungan dan manusia. Dalam konsentrasi tertentu senyawa ini dapat memberikan efek yang buruk terhadap perairan, antara lain menimbulkan bau yang tidak sedap hingga menyerang susunan syaraf pusat pada manusia. Penanganan fenol dalam air limbah dapat dilakukan salah satunya melalui metode penghilangan(*removal*) antara lain dengan cara adsorpsi. Saat ini telah banyak dikembangkan beberapa adsorben untuk mengadsorpsi fenol salah satunya yaitu dengan adsorpsi dari bahan alam yaitu menggunakan adsorben karbon aktif.

Karbon aktif memiliki potensi untuk dapat digunakan sebagai adsorben Purtanto (2005) telah memanfaatkan karbon aktif dari kulit bij mete sebagai adsorben untuk adsorpsi fenol menghasilkan penurunan fenol sebesar 96,9%-98,5%. Dalam pembuatan karbon aktif digunakan activator  $ZnCl_2$  dan suhu pemanasan sebesar  $600^{\circ}C$  selama 1 jam.

## **2.2 Aktivasi *Biochar***

Proses aktivasi *biochar* sangat berpengaruh pada hasil akhir *biochar* yang didapat. Proses aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap *biochar* yang bertujuan untuk memperbesar pori dengan cara memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga *biochar* akan mengalami perubahan sifat baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah luas dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring M. T., 2003)

Bahan baku (*biochar*) dicampur dengan bahan kimia kemudian campuran tersebut dipanaskan pada termperatur  $300^{\circ}C$ . selanjutnya didinginkan, dicuci untuk menghilangkan



dan memperoleh kembali sisa-sisa zat kimia yang digunakan. Akhirnya, disaring dan dikeringkan. Bahan baku dapat dihaluskan sebelum dan sesudah aktivasi.

Berbagai cara pembuatan *biochar* (arang aktif), meliputi pembakaran biomassa dalam kondisi tanpa udara untuk menghindari penguapan gas-gas dan menyisakan karbon. Proses ini disebut dekomposisi termal, yang dapat dilakukan dengan 3 cara utama: pirolisis, gasifikasi dan karbonisasi hidrotermal. Metoda-metoda ini menghasilkan energi dalam bentuk gas atau minyak *biochar*. Energi ini bisa diperoleh kembali untuk penggunaan lain, atau dapat dengan mudah terbakar dan membebaskan panas.

Sifat arang aktif yang paling penting adalah daya serap. Dalam hal ini ada beberapa factor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu:

1. Sifat Adsorben

Arang aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen.

2. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif sebagai adsorben, akan tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

3. Temperatur

Dalam pemakaian arang aktif dianjurkan untuk menyelidiki temperatur pada saat berlangsungnya proses. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik

didihnya, untuk senyawa volatile, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih kecil.

#### 4. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

#### 5. Waktu kontak

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Selain ditentukan oleh dosis arang aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang hayati untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama (Sembiring M. T., 2003)

### 2.3 Adsorpsi Fenol

Adsorpsi senyawa fenol telah banyak dilakukan penelitian terhadap senyawa tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Ari Dwi, dkk yaitu tentang pemanfaatan kulit biji mete untuk arang aktif sebagai adsorben terhadap penurunan parameter fenol. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa efisiensi penurunan fenol terbesar didapatkan oleh karbon aktif dengan aktifator  $ZnCl_2$  dengan suhu pemanasan  $600^\circ C$  selama 1 jam sebesar 96,9% sampai 98,5% dengan konsentrasi awal fenol 300 mg/L.

Suhu pemanasan  $600^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam adalah  $1/(x/m) = -9,081 + (119,7112/C)$ , sedangkan untuk persamaan isotherm Freundlich adalah  $\text{Log } x/m = -3,1721 + 2,8127 \text{ Log } C$ .

Syhraeni, dkk (2011) melakukan penelitian tentang kesetimbangan adsorpsi fenol dari asap cair tempurung kelapa hibrida pada arang aktif. Data yang diperoleh dievaluasi menggunakan model Langmuir dan Freundlich. Hasilnya menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi arang aktif terhadap fenol dari asap cair tempurung kelapa hibrida meningkat sejalan dengan peningkatan konsentrasi asap cair dari 0,025 ke 1,0% namun kapasitas menurun akibat peningkatan suhu adsorpsi dari  $30$  ke  $70^{\circ}\text{C}$ . Dan Teguh Wirawan (2012) melakukan adsorpsi fenol oleh arang aktif dari tempurung biji jarak pagar dengan menggunakan adsorpsi bath. Proses aktivasi arang aktif dilakukan secara fisik. Data dari variasi konsentrasi digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum dengan menggunakan persamaan isotherm freundlich. Dan penentuan konsentrasi fenol terlarut menggunakan UV-Vis, memiliki pH optimum 2 dengan waktu optimum 60 menit dan kapasitas adsorp maksimum  $1,0212 \text{ mg/g}$ .

## BAB III

### DASAR TEORI

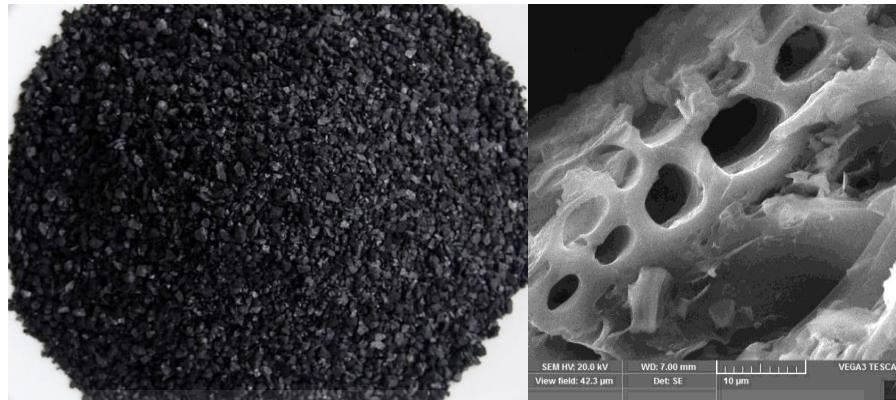
#### 3.1 Adsorben

Adsorben atau kebanyakan zat pengadsorpsi adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada daerah tertentu di dalam partikel itu. Karena pori-pori adsorben biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalamnya menjadi beberapa kali lebih luas dari permukaan luar. Adsorben yang telah jenuh dapat diregenerasi agar dapat digunakan kembali untuk proses adsorpsi. Suatu adsorben dipandang sebagai suatu adsorben yang baik untuk adsorpsi dilihat dari sisi waktu. Lama operasi terbagi terbagi menjadi dua, yaitu waktu penyerapan hingga komposisi diinginkan dan waktu regenerasi/pengeringan adsorben. Makin cepat dua variable tersebut, maka semakin baik unjuk kerja adsorben tersebut (Jauhan *et al*, 2007).

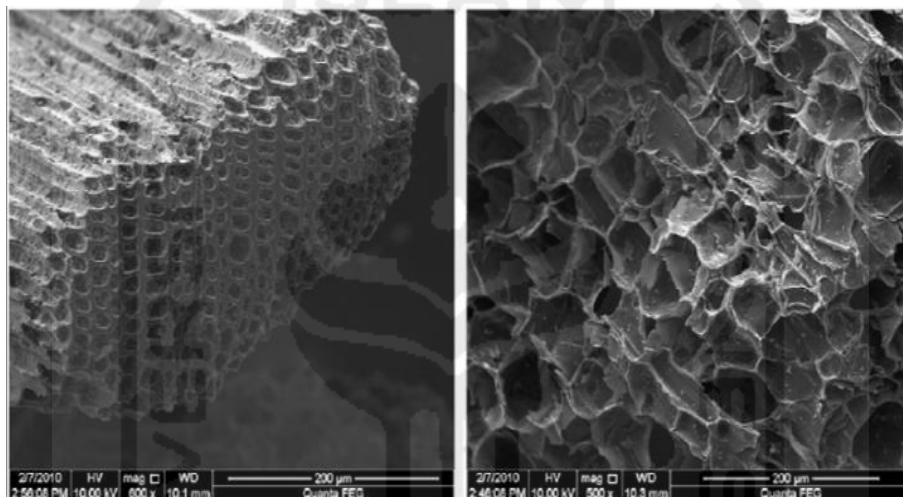
#### 3.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat karbon aktif. (Darmawan, A. D. 2008).

Karbon aktif berdasarkan pada pola strukturnya adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam, sehingga memiliki daya serap tinggi (Girun Alfathoni, 2002).



(A)

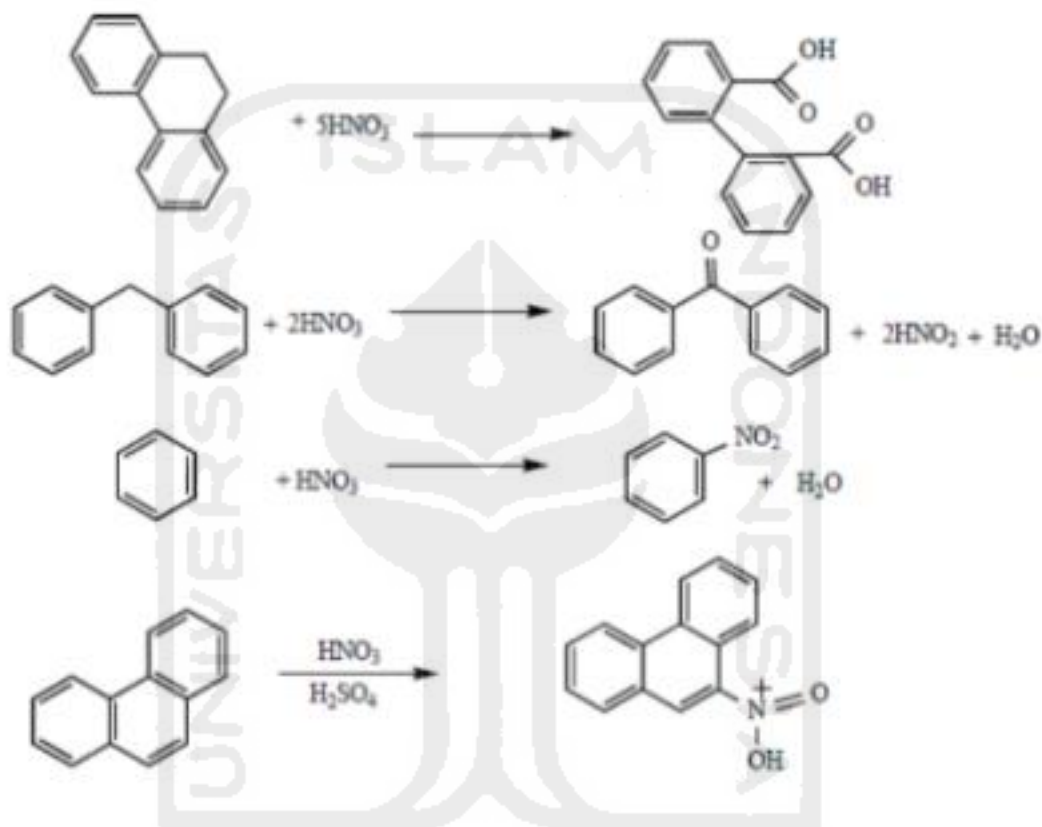


(B)

Gambar 2. Contoh karbon aktif dan pori-pori karbon aktif: (A) tempurung kelapa, (B) Tandan pisang

Proses aktivasi merupakan hal yang paling penting diperhatikan disamping bahan baku yang digunakan. Aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisik maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi.

Modifikasi kimia tergantung pada adanya gugus fungsional yang diinginkan. Sifat dan konsentrasi permukaan gugus fungsional pada permukaan karbon aktif dapat dimodifikasi dengan termal atau dengan zat kimia. Reaksi yang terjadi pada saat karbon aktif ditambah dengan asam nitrat yaitu sebagai berikut.



Gambar 3. Reaksi Asam Nitrat dengan Karbon Aktif (Shen, 2008)

Selain terdiri dari karbon, karbon aktif mengandung sejumlah kecil hydrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi, misalnya karboksil, fenol, dan eter. Gugus fungsi ini dapat berasal dari bahan baku karbon aktif. Selain itu, gugus fungsi pada karbon aktif juga terbentuk selama proses aktivasi oleh karena adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer, gugus fungsi

ini menjadikan permukaan karbon aktif reaktif secara kimia dan dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya (Murti, 2008).

Karbon aktif adalah jaringan karbon seperti arang dengan luas permukaan sebesar 500-3000 m<sup>2</sup>/g. (Siregar, 2009). Karena sangat tingginya luas permukaan terhadap volume, maka bentuk-bentuk tertentu dari karbon aktif menunjukkan sifat permukaan yang kuat, terutama kemampuan untuk menyerap senyawa-senyawa dari larutan cair atau dari keadaan gas (Petrucci, 1987).

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang digunakan dalam industry pengolahan air dan industry pengolahan air limbah untuk menghilangkan warna, bau, dan polusi zat-zat organik (Abassi dan Sreat, 1994). Namun dapat juga untuk memisahkan kontaminan zat-zat anorganik (Ismandji dan Bhatia, 2001). Struktur kimia pada permukaan karbon dan distribusi ukuran pori sangat tergantung dari bahan baku dan metode pembuatan yang digunakan. Perbedaan struktur kimia dan distribusi ukuran pori akan memberikan sifat dan mekanisme adsorpsi yang berbeda pula (Wibowo, dkk., 2004).

### **3.3 Adsorpsi**

Adsorpsi (penyerapan) adalah suatu proses pemisahan dimana komponen dari satu fase fluida berpindah ke permukaan zat pada yang menyerap (adsorben). Factor-faktor yang dapat mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut:

a. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat penting dalam proses adsorpsi.

Waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

b. Luas permukaan

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

c. Kelarutan adsorbat

Agar adsorpsi terjadi, suatu molekul harus terpisah dari larutan. Senyawa yang mudah larut mempunyai afinitas yang kuat untuk larutannya dan karenanya lebih sukar untuk teradsorpsi dibandingkan senyawa yang sukar larut.

d. Ukuran model adsorbat

Tingkat adsorpsi pada alifatik, aldehyd, atau alkohol biasanya naik diikuti dengan kenaikan ukuran molekul. Hal ini dapat dijelaskan dengan kenyataan bahwa gaya tarik antara karbon dengan molekul akan semakin besar ketika ukuran molekul semakin mendekati ukuran pori karbon.

e. pH

Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik efektif pada pH tinggi.

f. Suhu

Tingkat adsorpsi naik diikuti dengan kenaikan suhu dan turun dengan penurunan suhu.

Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena itu, pori-pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai



2000 m/g. adsorben yang digunakan secara komersial dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar dan kelompok non polar. (Saragih, 2008).

- *Adsorben Polar* disebut juga hidropilik. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah silica gel, alumina aktif, dan zeolite.
- *Adsorben non Polar* disebut juga hidropobik. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah polimer adsorben dan karbon aktif.

Menurut IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemical*) ada beberapa klasifikasi pori-pori, yaitu:

- a. Mikropori : diameter  $< 2$  nm
- b. Mesopori : diameter 2-50 nm
- c. Makropori : diameter  $> 50$  nm

Adsorbat adalah substansi dalam bentuk cair atau gas yang terkonsentrasi pada permukaan adsorben. Adsorbat terdiri dari dua kelompok polar seperti air dan non polar seperti methanol, etanol dan kelompok hidrokarbon (Suzuki, 1990 dalam Saragih, 2008).

### 3.4 Fenol

Fenol atau asam karbolat atau benzenol adalah zat kristas yang tidak berwarna yang memiliki bau khas dan memiliki rumus empiris  $C_6H_5OH$  dan strukturnya memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berikatan dengan cincin fenil.

Fenol memiliki kelarutan terbatas dalam air, yakni 8,3 gram/100 mL. fenol memiliki sifat yang cenderung asam, artinya ia dapat melepaskan ion tersebut menjadikan anion fenoksida  $C_6H_5O^-$  yang dapat dilarutkan dalam air.

Fenol mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Mempunyai gugus hidroksi tetapi bukan termasuk golongan alkohol dan bukan pula basa
- b. Termasuk asam karbolat yang bersifat asam lemah
- c. Tidak berwarna dengan wujud padat tetapi mudah mencair dengan titik lebur  $42^{\circ}\text{C}$
- d. Bersifat korosif, dapat mengkoagulasikan protein dan sebagai bahan baku zat warna, obat-obatan, pembuatan plastic.

### **3.5 Isoterm Adsorpsi**

#### **3.5.1 Isoterm Adsorpsi Langmuir**

Model kinetika adsorpsi Langmuir ini berdasarkan pada asumsi sebagai berikut, laju adsorpsi akan bergantung pada factor ukuran dan struktur molekul adsorbat, sifat pelarut dan porositas adsorben, situs pada permukaan yang homogen dan adsorpsi terjadi secara monolayer. Proses adsorpsi heterogen memiliki dua tahap yaitu:

- a) Perpindahan adsorbat dari fasa larutan ke permukaan adsorben
- b) Adsorpsi pada permukaan adsorben.

Tahap pertama akan bergantung pada sifat pelarut dan adsorbat yang terkontrol (Oscik,1982).

Bagian yang terpenting dalam proses adsorpsi yaitu situs yang dimiliki oleh adsorben yang terletak pada permukaan, akan tetapi jumlah situs-situs ini akan berkurang jika permukaan yang tertutup semakin bertambah jika permukaan yang tertutup semakin bertambah (Husin and Rosnelly,2005). Persamaan isotherm adsorpsi Langmuir tersebut dapat ditulis dalam bentuk persamaan linier:

$$\frac{C}{q} = \frac{K}{q_0} + \frac{1}{q_0} + C \quad (1)$$

Dimana  $C$  adalah konsentrasi zat terlarut pada saat kesetimbangan,  $q$  adalah jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben,  $q_0$  adalah daya adsorpsi maksimum dan  $K$  adalah tetapan kesetimbangan adsorpsi. Dari kurva linier hubungan antara  $C/m$  versus  $C$  maka dapat ditentukan nilai  $b$  dari kemiringan (slop) dan  $K$  dari intersep kurva.

### 3.5.2 Isoterm Adsorpsi Freudlich

Metode isotherm Freudlich menjelaskan bahwa proses adsorpsi pada bagian permukaan adalah heterogen dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi. Model isotherm Freudlich menunjukkan lapisan adsorbat yang terbentuk pada permukaan adsorben adalah *multilayer*. Hal tersebut berkaitan dengan ciri-ciri dari adsorpsi secara fisika dimana adsorpsi dapat terjadi pada banyak lapisan (*multilayer*) (Husin and Rosnelly, 2005). Bentuk persamaan Freudlich adalah sebagai berikut.

$$\frac{x}{m} = k C^{1/n} \quad (2)$$

dimana  $X$  adalah jumlah adsorbat yang terserap tiap satuan berat adsorben (mg/g),  $C$  adalah konsentrasi zat setelah adsorpsi (mg/L),  $k$  dan  $n$  adalah konstanta empiris yang tergantung pada sifat padatan, adsorben dan suhu (Soeprijanto *et al.*, 2006). Penentuan konstanta  $k$  dan  $n$  dapat dilakukan dengan linearisasi persamaan (sebelumnya).

$$\log \left( \frac{x}{m} \right) = \frac{1}{n} \log c + \log k \quad (3)$$

### 3.6 Instrumentasi

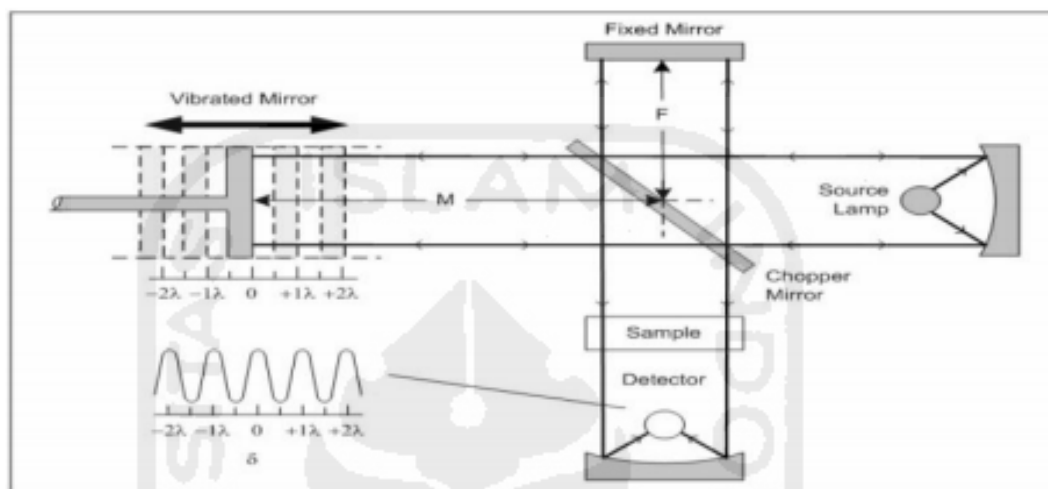
#### 3.6.1 Spektrofotometer FTIR

*Fourier Transform InfraRed* atau yang dikenal dengan FTIR merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menganalisa komposisi kimia dari senyawa-senyawa organik, polimer, *coating* atau pelapisan, material semikonduktor, sampel biologi, senyawa-senyawa anorganik, dan mineral. FTIR mampu menganalisa suatu material baik secara keseluruhan, lapisan tipis, cairan, padatan, pasta, serbuk, serat, dan bentuk yang lain dari suatu material.

Prinsip kerja spektrofotometer infra merah adalah sama dengan spektrofotometer yang lainnya yakni interaksi energi dengan suatu materi. Spektrofotometri infra merah berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang  $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ . Untuk menghasilkan detektor infra merah, radiasi yang mengandung semua frekuensi di wilayah IR dilewatkan melalui sampel. Frekuensi yang diserap muncul sebagai penurunan sinyal yang terdeteksi. Informasi ini ditampilkan sebagai detektor radiasi dari % ditransmisikan dengan bilangan gelombang. Atom-atom didalam suatu molekul tidak diam melainkan bervibrasi (bergerak). Bila radiasi infra merah dilewatkan melalui suatu cuplikan maka molekul-molekulnya dapat mengadsorpsi energi dan terjadilah transisi diantara tingkat vibrasi dan eksitasi. Pengadsorpsian energi pada frekuensi dapat dideteksi oleh spektrofotometer infra merah yang mem-plot jumlah radiasi inframerah yang akan memberikan informasi tentang gugus fungsional suatu molekul (Blanchard, 1986).

*Fourier Transform InfraRed* (FTIR) merupakan suatu metode spektroskopi IR. Spektroskopi InfraRed (IR) dapat mengidentifikasi kandungan gugus kompleks dalam senyawa tetapi tidak dapat menentukan molecular unsur penyusunnya. Pada spektroskopi IR, radiasi IR dilewatkan pada sampel. Sebagian deari radiasi IR diserap oleh sampel dan

sebagian lainnya diteruskan. Jika frekuensi dari suatu fibrasi spesifik sama dari frekuensi radiasi IR yang langsung menuju molekul, molekul akan menyerap radiasi tersebut. Detektor yang dihasilkan menggambarkan adsorpsi dan transmisi molecular, membentuk sidik jari molecular suatu sampel.(Kencana, 2009).



Gambar 4. Skema Alat Spektrofotometer InfraRed

Sistem optik FTIR digunakan radiasi LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) yang berfungsi sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi infra merah agar sinyal radiasi infra merah yang diterima oleh detector secara utuh dan lebih baik. Detektor yang digunakan dalam Spektrofotometer FTIR adalah TGS (*Tetra Glycerine Sulphate*) atau MCT (*Mercury Cadmium Telluride*).

Untuk mengetahui senyawa yang belum diketahui perlu dibandingkan dengan detektor standar yang dibuat pada kondisi sama. Daerah adsorpsi yang terletak pada daerah radiasi  $4000-1400 \text{ cm}^{-1}$  disebut daerah frekuensi gugus fungsional. Daerah sidik jari (*fingerprint*) yaitu daerah yang terletak pada  $1400-400 \text{ cm}^{-1}$ .

### 3.6.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning Electron Microscope (SEM)* adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran  $10 - 3000000x$ , *depth of field*  $4 - 0.4$  mm dan resolusi sebesar  $1 - 10$  nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri.

Prinsip kerja SEM, dengan cara mengalirkan arus pada kawat filament tersebut dan perlakuan pemanasan, sehingga dihasilkan electron. Electron tersebut dikumpulkan dengan tegangan tinggi dan berkas electron difokuskan dengan sederetan lensa elektromagnetik. Ketika berkas electron mengenai target, informasi dikumpulkan melalui tabung sinar katoda yang mengatur intensitasnya. Setiap jumlah sinar yang dihasilkan dari tabung sinar katoda dihubungkan dengan jumlah target, jika terkena berkas electron dengan energi tinggi dan menembus permukaan target, electron kehilangan energi, karena terjadi ionisasi atom dari cuplikan padatan. Electron bebas ini tersebar keluar dari aliran sinar utama, sehingga tercipta lebih banyak electron bebas, dengan demikian energi yang dihasilkan akan habis kemudian melepaskan diri dari target. Electron ini kemudian dialirkan ke unit demagnifikasi dan dideteksi oleh detector dan selanjutnya dicatat sebagai suatu foto (Wagiyo dan Handayani, 1997).

Pada EDX analisis kualitatif dilakukan dengan cara menentukan energi dari puncak yang ada dalam detektor dan membandingkan dengan tabel energi emisi sinar-x dari unsur-

unsur yang sudah diketahui. Analisa kuantitatif tidak hanya menjawab unsur apa yang ada dalam sampel tetapi juga konsentrasi unsur tersebut (Larry,2001).

### 3.6.3 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri merupakan instrument yang dapat digunakan untuk menganalisis konsentrasi suatu zat didalam larutan berdasarkan adsorbansi terhadap warna dari larutan pada panjang gelombang tertentu. Metode spektrofotometri merupakan larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Larutan standar terdiri dari beberapa tingkat konsentrasi mulai yang rendah sampai dengan yang berkonsentrasi tinggi. (Khopkar, 2003).

Spektrofotometri merupakan suatu metode analisa yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar makromatis oleh suatu jalur larutan berwarna pada panjang gelombang spesifik dengan menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi dengan detector *Fototube* (Underwood, 2001).

Tabel 1. Daftar panjang gelombang

Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
400-435	Violet	Kuning-Hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-Biru	Orange
490-500	Biru-Hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning-Hijau	Violet
580-595	Kuning	Biru
595-610	Orange	Hijau-Biru
610-750	Merah	Biru-Hijau

Spektrofotometri merupakan metode analisis yang didasarkan pada absorpsi radiasi elektromagnetik. Cahaya terdiri dari radiasi terhadap mana mata manusia peka, gelombang

dengan panjang berlainan akan menimbulkan cahaya yang berlainan sedangkan campuran cahaya dengan panjang gelombang ini akan menyusun cahaya putih. Cahaya putih meliputi seluruh detektor nampak 400-760 nm. Spektrofotometri ini hanya terjadi bila ada perpindahan electron dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Ali, 2005).

Keuntungan utama pemilihan metode spektrofotometri ini adalah bahwa metode ini memberikan metode yang sangat sederhana untuk menentukan kuantitas zat yang sangat kecil. Spektrofotometri menyiratkan pengukuran jauhnya penyerapan energi cahaya oleh suatu system kimia itu sebagai suatu fungsi dari panjang gelombang radiasi, demikian pula pengukuran penyerapan yang menyendiri pada suatu gelombang tertentu. Analisis spektrofotometri digunakan suatu sumber radiasi yang menjorok kedalam daerah ultraviolet detektor tersebut. Dari detektor ini, dipilih panjang gelombang tertentu dengan lebar pita kurang dari 1 nm (Sastrohamidjojo, 1999).

Spektrofotometer UV-Vis merupakan salah satu teknik analisis spektroskopi yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380) dan sinar tampak (380-780) dengan memakai instrument spektrofotometer. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometri UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif ketimbang kualitatif ((Muljan, 1995).

Spektrofotometer terdiri atas spectrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari detektor dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang di adsorpsi. Spektrofotometer tersusun atas sumber detektor yang kontinyu, monokromator sel



pengadsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan adsorpsi antara sampel dan blanko ataupun pembandingan .(Khopkar, 1990).

Spektrofotometer UV-Vis dapat melakukan penentuan terhadap sampel yang berupa larutan, gas, atau uap. untuk sampel yang berupa larutan perlu diperhatikan pelarut yang dipakai antara lain:

1. Pelarut yang digunakan tidak mengandung system rangkap terkonjugasi pada struktur molekulnya dan tidak berwarna.
2. Tidak terjadi interaksi dengan melakukan senyawa yang dianalisis.
3. Kemurniannya harus tinggi atau derajat untuk analisis. (Muljan, 1995)

Komponen-komponen pokok dari spektrofotometer meliputi:

1. Sumber tenaga radiasi yang stabil, sumber yang biasa digunakan adalah lampu wolfram.
2. Monokromator untuk memperoleh sumber sinar yang monokromatis.
3. Sel adsorpsi, pada pergerakan didaerah visible menggunakan kuvet kaca atau kuvet kaca corex, tetapi untuk pengukuran pada UV menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini.
4. Detector radiasi yang dihubungkan dengan system meter atau pencatat. Peranan detector penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang (Khopkar, 1990)

Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum ultraviolet dan visible dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatan tenaga elektronik. Disebabkan karena hal ini, maka serapan radiasi ultraviolet atau terlihat

sering dikenal spektroskopi elektronik. Transisi tersebut biasanya antara orbital ikatan antara orbital pasangan bebas dan orbital non ikatan tak jenuh atau orbital anti ikatan. Detektor ultraviolet adalah gambar antara panjang gelombang atau frekuensi serapan lawan intensitas serapan (transmitasi atau absorbansi). Sering juga data ditunjukkan sebagai gambar grafik atau tabel yang menyatakan panjang gelombang lawan serapan molar,  $E_{max}$  atau  $\log E_{max}$  (Sastrohamidjojo, 2001).

Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang maksimum, dimana pada panjang gelombang tersebut absorbansinya maksimum. Secara matematis bila system ideal akan diperoleh garis lurus antara absorbansi dengan konsentrasi menurut hukum Lambert-Beer yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$-\log T = A \epsilon b c \quad (5)$$

Dengan:

$\epsilon$  = koefisien ekstingsi molar

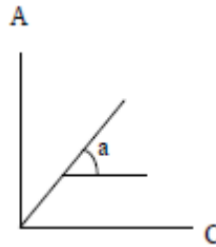
T = Transmitasi

b = panjang jalan sinar

A = Absorbansi

c = konsentrasi

Grafik hubungan absorbansi (A) dengan konsentrasi (C), dimana a merupakan kemiringan (slope) diperlihatkan pada gambar 6.



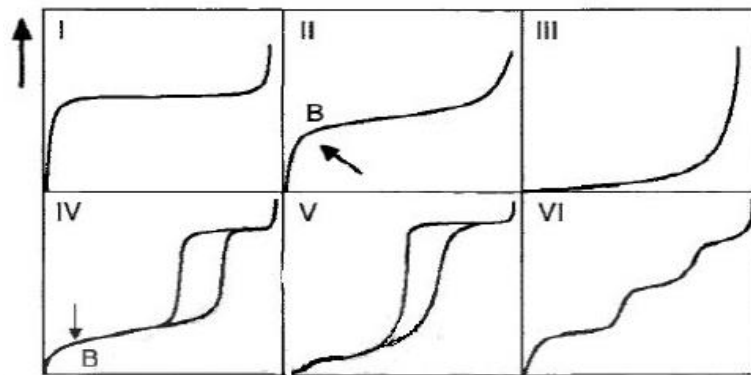
Gambar 5. Grafik hubungan antara Absorbansi dengan Konsentrasi

Konsentrasi suatu analit dapat ditentukan melalui pengukuran absorbansi. Syarat utama analit harus larut sempurna dan larutannya berwarna atau dibuat berwarna.

### 3.7 Metode Adsorpsi

Isotherm adsorpsi merupakan hubungan antara jumlah substansi yang diserap oleh adsorben pada kesetimbangan pada suhu konstan. Isotherm adsorpsi biasanya digambarkan dalam bentuk kurva plot distribusi kesetimbangan adsorbat antara fase padat dengan fase gas atau cair pada suhu konstan. Adsorpsi terjadi secara fisika dan kimia. Adsorpsi secara fisika terjadi tanpa adanya reaksi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben melainkan terikat secara lemah karena adanya gaya van der Waals. Adsorpsi secara kimia terjadi karena adanya reaksi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Bersifat sulit untuk regenerasi karena adanya ikatan kimia.

Penggambaran kurva antara jumlah gas yang teradsorpsi terhadap tekanan ( $P/P_0$ ) pada keadaan isothermal dapat dibagi menjadi enam jenis seperti pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 6. Jenis-jenis kurva adsorpsi

Isotherm tipe I disebut juga isotherm Langmuir yang menggambarkan adsorpsi monolayer. Isotherm tipe I menggambarkan adsorpsi yang terjadi pada tekanan relative yang rendah, biasanya diperoleh dari adsorben berpori kecil (mikropori) kurang dari 2 nm dan luas permukaan sangat sedikit seperti karbon aktif dan zeolite. Isotherm tipe II diperoleh dari percobaan Brauner, Emmet dan Teller (1938). Kurva jenis ini ditemukan pada adsorben berpori atau padatan berpori besar (maksropori). Isotherm tipe III menunjukkan kuantitas adsorben semakin tinggi saat tekanan bertambah. Tipe ini jarang terlihat dalam eksperimen adsorpsi, dimana gaya tarik molekul gas lebih besar dibandingkan gaya ikat serapan.

Adsorpsi pada permukaan mesopori memberikan kecenderungan terjadi melalui pembentukan multilayer diikuti dengan kondensasi kapiler (isotherm tipe IV dan V). Pada tekanan relative rendah, pola adsorpsi menyerupai yang terjadi pada makropori, namun pada tekanan relative yang tinggi jumlah gas teradsorpsi meningkat tajam oleh adanya kondensasi kapiler dalam mesopori. Kondensasi dan evaporasi kapiler terjadi pada tekanan relative ( $P/P_0$ ) yang berbeda sehingga akan menunjukkan adanya *hysteresis loops*.

Adsorpsi tipe IV ini umumnya terjadi pada lempung terpillar yang dipreparasi melalui jalur pembentukan sol-gel dimana mesopori dalam material akan dominan terbentuk. Tipe V hampir sama dengan tipe III, dihasilkan interaksi rendah antara adsorben dengan adsorbat. Sedangkan tipe VI menunjukkan interaksi adsorbat dengan permukaannya yang terlalu homogeny (*pyrolitic graphite*) yang berinteraksi dengan adsorben seperti argon dan metan (Fatimah, 2014).



## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 4.1 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian yang dilakukan bertempat di Laboratorium Penelitian Kimia, Fakultas Ilmu Matematika dan Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia dimulai dari tanggal 15 Desember 2016 hingga 2 Maret 2017.

#### 4.2 Alat dan Bahan

##### 4.2.1 Alat

1. Grafit *furnace* (Furnace Nabertherm Model LT3/12/P330, Jerman)
2. FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) (Spektrofotometer Spectonic Genesys 20 Visible, USA)
3. SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energi Dispersive X-Ray Analysis*) (JEOL-JSM-6510LA, Jerman)
4. Spektrofotometer UV-Vis (UH5300 Double Beam HITACHI, Jepang)
5. pH meter (MW Hydro-PHM-PH-2011)
6. Peralatan gelas (Iwaki dan Pyrex (Jepang))
  - Erlenmeyer 50 mL, 100 mL dan 250 mL
  - Corong
  - Gelas ukur 50 mL, 100 mL dan 250 mL
7. Kertas saring Whatman 42 dan Selectra BA 85
8. Neraca analitik digital (CPA 224 S)
9. Lumpang Porselen
10. Orbital Shacker-SSM1

#### **4.2.2 Bahan**

1. Tandan pisang
2. Larutan KOH (Merck, Jerman)
3. Larutan HNO<sub>3</sub> 65% (Merck, Jerman)
4. pH buffer phospat (3,5,7 dan 8)
5. Aquadest
6. Larutan NaOH 5N
7. Larutan standar Fenol 1000 ppm(Merck, Jerman)

#### **4.3 Prosedur Penelitian**

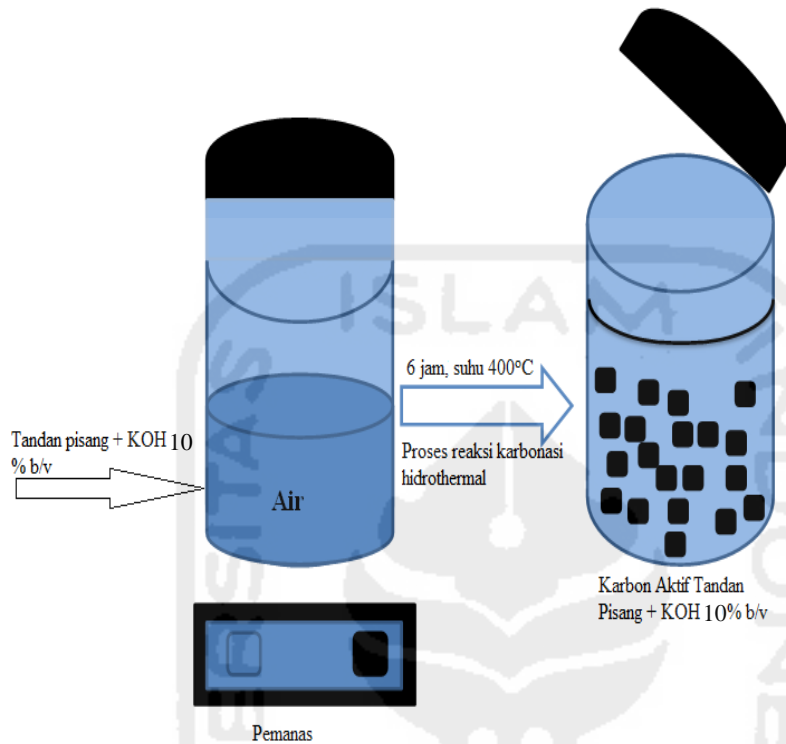
##### **4.3.1 Pembuatan Karbon Aktif Tandan Pisang**

Tandan pisang diperoleh dari para petani pisang yang berada di kawasan Pasar Pakem, Sleman, Yogyakarta. Tandan pisang dirajang dan dijemur dibawah matahari hingga tandan pisang benar-benar kering. Sebanyak 500 g sampel tandan pisang direndam menggunakan KOH 10% b/v dengan Suhu 70°C dan Suhu dijaga tetap konstan menggunakan termometer. Perendaman dilakukan selama 5-6 jam untuk memastikan bahwa zat pengaktivasi dapat beraksi dengan menggunakan tandan pisang yang merupakan selulosa.

##### **4.3.2 Aktivasi Karbon Aktif Tandan Pisang**

Pembuatan karbon pada proses ini menggunakan 500 g yang sudah direndam dengan dengan KOH 10% b/v. Tandan pisangdirendam dengan menggunakan air sebanyak 3 liter

kedalam tungku hidrotermal. Lalu dimasukkan pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  selama 6 jam hingga proses penghitaman menjadi karbon.



Gambar 7. Rangkaian proses pembuatan arang aktif tandan pisang dengan proses hidrotermal

Selanjutnya karbon didinginkan dengan digerus menggunakan lumpang porselen supaya ukuran karbon menjadi lebih halus. Karbon yang dihasilkan kemudian dicuci menggunakan akuades hingga pH mencapai 6 sampai 8 (netral), kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam. Karbon aktif dengan proses hidrotermal dilanjutkan dengan aktivasi secara fisika ke dalam *muffle furnace* dengan suhu  $200^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam. Setelah dilakukan aktivasi secara fisik karbon aktif direndam ke dalam



HNO<sub>3</sub> 5M selama 2 jam, untuk menghilangkan sisa-sisa KOH yang masih terikat pada karbon aktif. Karbon aktif dioven kembali pada suhu 105°C selama 12 jam.

#### **4.3.3 Karakterisasi Karbon Aktif Tandan Pisang menggunakan FTIR (Fourier Transform Infra Red) dan SEM-EDS (Scanning Electron Microscopy)**

Analisis gugus fungsi dengan spektrofotometer infra merah dilakukan untuk mengetahui gugus yang terletak pada karbon aktif tandan pisang. Sampel karbon aktif dianalisis dengan menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 400-4000 cm<sup>-1</sup>.

Analisis karbon aktif dengan SEM-EDS dilakukan untuk mengetahui topologi dari permukaan karbon aktif.

#### **4.3.4 Analisis dengan SAA (Surface Area Analyzer)**

Analisis untuk menentukan luas permukaan permukaan material, distribusi pori dari material dan isoterm adsorpsi suatu gas pada suatu bahan. Untuk menghitung luas permukaan padatan dapat digunakan BET Theory.

#### **4.3.5 Pembuatan Larutan Kerja Fenol antara 10 mg/L sampai 50 mg/L**

Sebanyak 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 mL fenol diencerkan dari larutan baku 1000 mg/L, kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing labu ukur 50 mL. Selanjutnya ditambahkan akuades sampai batas meniskus kemudian dilarutkan dengan cara digojog hingga homogen, maka diperoleh larutan standar fenol 10,000; 20,000; 30,000; 40,000 dan 50,000 mg/L.

#### 4.3.6 Penentuan Kurva Kalibrasi Larutan Fenol dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Panjang gelombang maksimum larutan fenol diukur pada daerah UV 200-400 nm, panjang gelombang maksimum digunakan untuk menentukan kurva kalibrasi standar fenol. Masing-masing larutan kerja dipindahkan ke dalam kuvet kemudian diukur absorbansinya dengan panjang gelombang maksimum yang diperoleh. Dibuat grafik kurva kalibrasi antara Konsentrasi vs Absorbansi.

#### 4.3.7 Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi Fenol

Larutan standar fenol 1000 ppm dibuat dengan konsentrasi 50 ppm dengan volume 1000 mL kemudian dimasukkan ke dalam 5 botol *shacker* sebanyak 50 mL larutan fenol 50 ppm yang telah ditambah dengan 500 mg karbon aktif tandan pisang dan dikocok dengan waktu pencokan 0, 15, 30, 45 dan 60 menit. Kemudian disaring dengan kertas saring dan adsorbansi filtrate diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 269,5 nm. Percobaan yang dilakukan untuk larutan fenol 50 ppm dengan variasi waktu pengocokan dan pengukuran adsorbansi panjang gelombang 273,5 nm.

Banyaknya fenol yang teradsorpsi (mg) per satuan gram adsorben (karbon aktif) ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$W = \frac{(C_0 - C_e)V}{W_a} \quad (6)$$

W = jumlah fenol yang teradsorpsi (mg/g)

C<sub>0</sub> = konsentrasi fenol sebelum adsorpsi

C<sub>e</sub> = konsentrasi fenol setelah adsorpsi

$V$  = Volume Larutan Fenol (L)

$W_a$  = Jumlah adsorben, karbon aktif (g)

Waktu optimum adalah waktu dimana konsentrasi teradsorpsi ( $C_{\text{adsorpsi}}$ ) terbesar.

#### **4.3.8 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Fenol**

Larutan fenol dengan konsentrasi 50, 100, 125, 150 dan 200 mg/L disiapkan. Kedalam tiap-tiap 50 mL larutan-larutan tersebut ditambahkan 500 mg karbon aktif. Tiap-tiap campuran dikocok selama waktu optimum dan disaring. Adsorbansi filtrate diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 269,5 nm.

#### **4.3.9 Penentuan pH Optimum Adsorpsi Fenol Menggunakan Buffer Phospat**

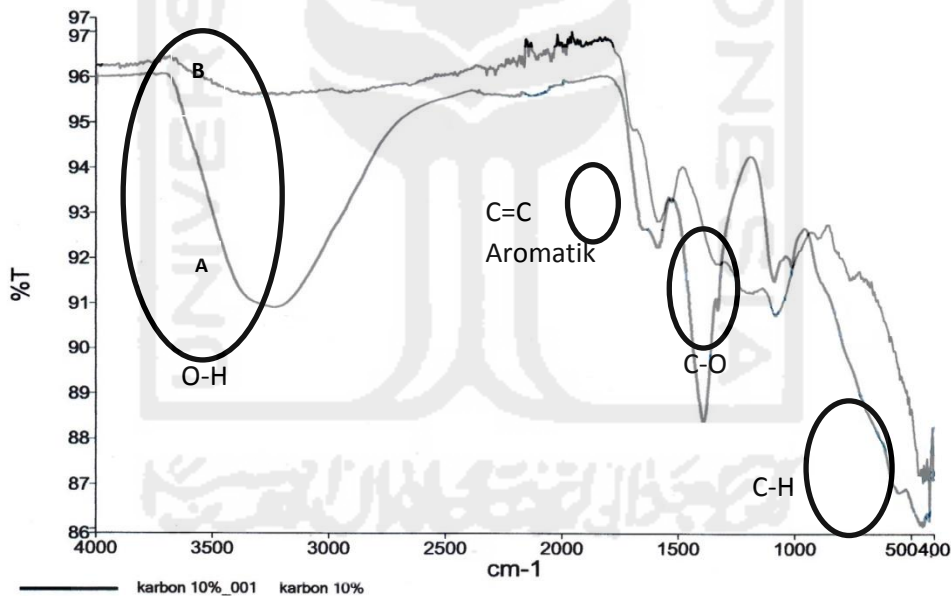
Larutan fenol dengan konsentrasi 50 mg/L dengan volume 50 mL disesuaikan pH dan dikocok selama waktu optimum dan disaring larutan pada pH 3. Ditambah 500 mg karbon aktif yang sudah diaktivasi dan dikocok selama waktu optimum. Adsorbansi filtrate diukur dengan UV-Vis pada panjang gelombang 270 nm. Percobaan yang sama juga diulangi pada pH 3, 5, 7, dan 8.

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Identifikasi Gugus Fungsi Karbon Aktif menggunakan FTIR (Fourier Transform Infrared)

Pada penelitian ini adsorben karbon aktif tandan pisang diidentifikasi gugus fungsionalnya menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) (Spektrofotometer Spectonic Genesys 20 Visible, USA) untuk mengetahui komponen kimia dari karbon aktif berupa gugus fungsi dan merupakan gugus aktif dari karbon aktif. Spektra inframerah yang dihasilkan pada karbon aktif yang optimum pada KOH 10% dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 8 (a) Spektra FTIR tandan pisang teraktivasi sebelum perendaman HNO<sub>3</sub> (b)

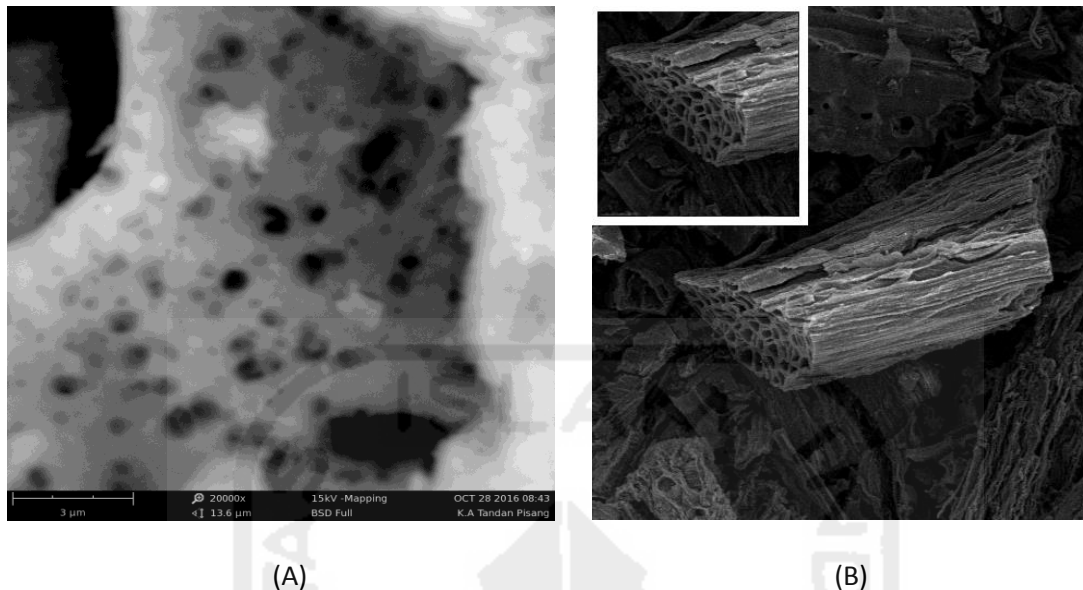
Spektra FTIR tandan pisang teraktivasi setelah perendaman HNO<sub>3</sub>

Dari sampel tandan pisang kemasam spektra yang muncul sebelum (A) dan sesudah perendaman (B) menunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang pada puncak-puncak

utama dan munculnya puncak baru pada karbon aktif tandan pisang setelah teraktivasi dengan KOH 10% *b/v* dan pencucian dengan menggunakan HNO<sub>3</sub> 5M. Karbon aktif menunjukkan empat serapan yang dihasilkan pada bilangan gelombang 3100-3500 cm<sup>-1</sup>, 2800-3000 cm<sup>-1</sup>, 1600-1000 cm<sup>-1</sup> dan 400-1000 cm<sup>-1</sup>. Pada gambar (A) terdapat puncak yang menunjukkan 4 puncak dengan intensitas tinggi pada daerah bilangan gelombang 3236,08 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya gugus O-H. Diikuti serapan yang ditunjukkan pada bilangan gelombang 1373, 1308, 523, 429, 418 dan 406 cm<sup>-1</sup> menandakan adanya regangan ikatan C-H yang merupakan golongan dari alkana dan pada bilangan gelombang 1567,12 cm<sup>-1</sup> menandakan adanya vibrasi C-C pada cincin aromatik. Perbedaan terlihat signifikan setelah ditambah dengan HNO<sub>3</sub> 5M, intensitas mengalami penurunan dan memunculkan puncak baru yang dihasilkan pada gambar (B). Puncak baru yang dihasilkan 1373,05 cm<sup>-1</sup> adanya gugus C-H yang disebabkan adanya interaksi yang terjadi pada permukaan karbon aktif. Kemudian adanya serapan pada bilangan gelombang 1588,44 yang menunjukkan adanya ikatan C=C aromatik pada struktur karbon aktif. Pada bilangan gelombang 1083,28 cm<sup>-1</sup> menandakan adanya regangan ikatan C-O dan pada bilangan gelombang 446 dan 418 cm<sup>-1</sup> merupakan ikatan C-H golongan dari alkana. Efek pembuatan karbon aktif secara kimiawi menunjukkan adanya peningkatan gugus fungsional. Hasil FTIR menunjukkan bahwa karbon aktif yang telah direndam dan dimodifikasi dengan asam nitrat menghasilkan lebih banyak permukaan oksigen dari struktur pori kimia yang diaktifasi (Allwar, 2012)

Berdasarkan hasil FTIR diatas dapat disimpulkan bahwa pada gambar 9 memiliki gugus fungsi dengan struktur karbon aktif pada umumnya yang mengandung O-H, C=C aromatik, C-H, dan gugus C-O yang digunakan sebagai gugus aktif untuk menyerap adsorbat.

## 5.2 Identifikasi Permukaan Karbon Aktif Menggunakan SEM-EDS



Gambar 9. Hasil Uji SEM Karbon Aktif Tandan Pisang setelah Perendaman dengan  $\text{HNO}_3$  5M (A) dengan perbesaran 20000 kali dan (B) dengan perbesaran 100 kali (Saputra, 2016)

Analisa bahan dengan SEM dan EDS yang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan tipe JEOL-JSM-6510LA, menghasilkan gambar permukaan karbon aktif dari limbah tandan pisang. Analisa unsur yang terkandung dalam karbon aktif menggunakan EDS.

Hasil karakterisasi menggunakan SEM memperlihatkan struktur topologi karbon aktif tandan pisang dengan perbesaran 20000 kali dan 100 kali. Dari foto SEM dengan perbesaran 20000 kali dengan skala panjang garis tebal putih mewakili  $3\mu\text{m}$  (3000 nm). Selain perbesaran 20000 kali, dilakukan juga pengambilan gambar SEM dengan perbesaran lebih kecil, yaitu 100 kali. Dari gambar dengan perbesaran 100 kali skala yang menggunakan  $100\mu\text{m}$  yang diwakili garis putih tebal.

Dari hasil SEM pada sampel yang sudah dimodifikasi, maka dapat dilihat bahwa karbon aktif tandan pisang yang terbentuk terdiri dari batangan-batangan kecil. Dalam Gambar 9 partikel karbon aktif tandan pisang terlihat tersebar dengan bentuk dan ukuran partikel yang kurang homogen, ada yang memiliki bentuk batang berongga dan ada yang berbentuk lempengan.

### 5.3 Uji Karakterisasi Kandungan Unsur (% Mass) dengan SEM-EDS

Hasil EDS pada karbon aktif tandan pisang yang teraktivasi menggunakan larutan KOH 10% adalah kadar komponen utama yang terkandung pada karbon aktif. Besarnya kadar yang terkandung dalam karbon aktif tersebut ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis EDS karbon aktif tandan pisang yang teraktivasi KOH 10%

Unsur dalam Karbon Aktif	Kadar (%)
O	46,2
C	33,5
Na	15,3
Cl	4,9

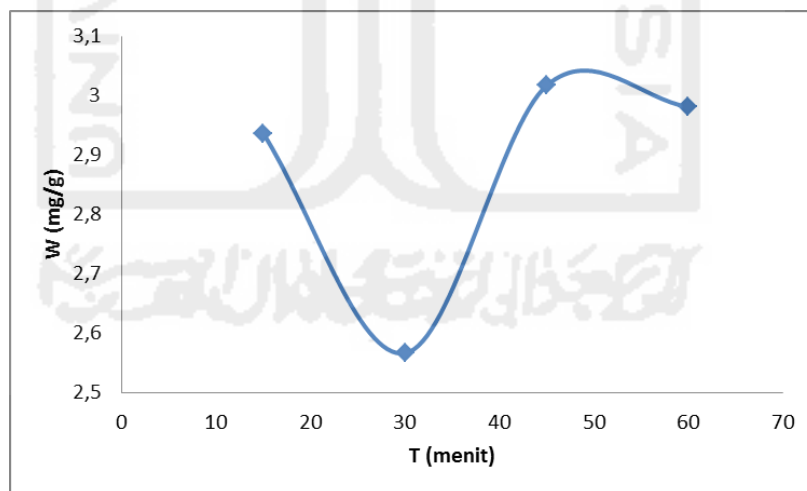
Berdasarkan Tabel 2, komponen utama dalam karbon aktif tandan pisang yang teraktivasi menggunakan KOH 10% terdiri dari O dan C dengan kadar 46,2 % dan 33,5 %. Untuk kadar natrium (Na) dalam karbon aktif tandan pisang sebesar 15,3 % dan kadar klorida (Cl) sebesar 4,9 %. Unsur Na dan Cl kemungkinan besar berasal dari kontaminasi metode netralisasi yang menggunakan NaOH dan HCl.

## 5.4 Optimasi Adsorpsi Fenol

Aplikasi karbon aktif dilakukan untuk mengadsorpsi fenol. Untuk menentukan panjang gelombang maksimum dibuat larutan fenol 50 mg/L, diukur absorbansinya pada panjang gelombang 200-400 nm. Kurva standar fenol yang dibuat berdasarkan pengukuran adsorpsi dari konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50 mg/L pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh dari penelitian ini yaitu 270 nm. Kurva kalibrasi dibuat untuk menentukan konsentrasi fenol yang terserap oleh karbon aktif.

### 5.4.1 Waktu Kontak Optimum

Banyaknya fenol yang terserap sebagai fungsi waktu ditunjukkan pada Gambar 11. Pada penelitian ini dibuat larutan fenol dengan konsentrasi 50 mg/L dengan volume 50 ml. Waktu pengocokan yang digunakan untuk menentukan waktu optimum adsorpsi fenol yaitu 15, 30, 45 dan 60 menit.



Gambar 10. Kurva hubungan antara efektivitas adsorpsi fenol sebagai fungsi waktu (kons. Awal fenol = 50 mg/L)

Efektifitas adsorpsi fenol mengalami peningkatan kapasitas adsorpsi sebesar 2,9359 mg/g. pada menit ke 30, kapasitas adsorpsi fenol mengalami penurunan. Penurunan kapasitas adsorpsi



fenol dari menit 15 ke menit 30 sebesar 0,368 mg/g. Penurunan kapasitas adsorpsi tersebut sangat signifikan, kemudian daya adsorpsi fenol mengalami kenaikan pada menit ke 45. Kenaikan kapasitas adsorpsi fenol sebagai fungsi waktu pada menit ke 45 yaitu 0,45 mg/g. Kenaikan kapasitas adsorpsi pada menit ke 45 dari larutan fenol merupakan waktu optimum. Hal ini disebabkan karena sifat karbon aktif tandan pisang sendiri merupakan hasil pembakaran sehingga memiliki titik jenuh yang lebih lama (Bayat, 2002). Tabel efektifitas adsorpsi fenol pada variasi waktu pengocokan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Efektifitas adsorpsi fenol pada variasi waktu pengocokan

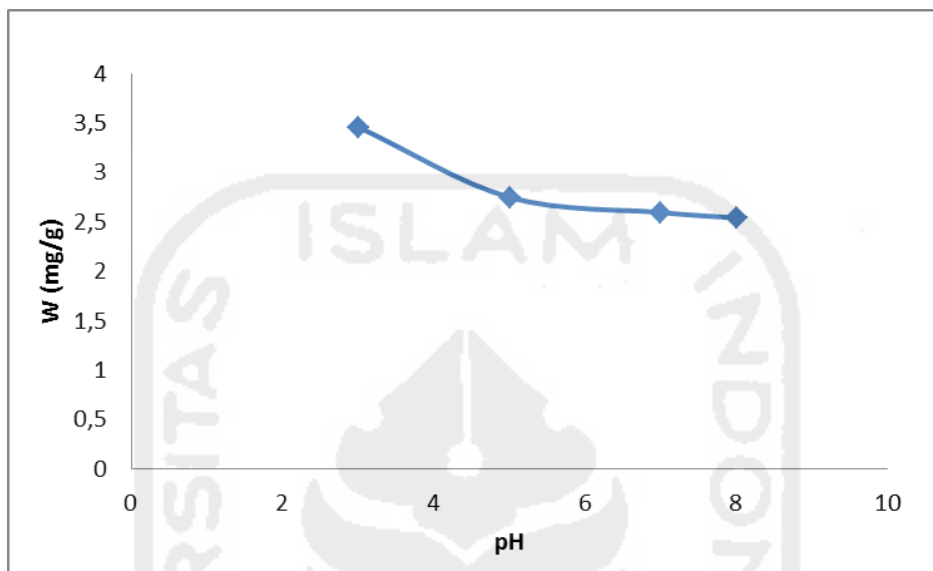
T (menit)	W (mg/g)
15	2,9359
30	2,567
45	3,017
60	2,981

Pada menit ke 45 dengan efektifitas adsorpsi 3,017 mg/g, adsorpsi fenol oleh karbon aktif mencapai maksimum dan waktu ini digunakan sebagai waktu optimum.

#### 5.4.2 Penentuan pH Optimum

Pengaruh pH terhadap adsorpsi fenol dilakukan untuk mengetahui efek pH terhadap adsorpsi fenol oleh karbon aktif tandan pisang yang dimodifikasi dengan KOH 10% . Pada penelitian ini dibuat larutan fenol dengan konsentrasi 50 mg/L dengan volume 50 mL, kemudian divariasikan pH larutan yaitu 3, 5, 7, dan 8. Waktu kontak yang digunakan pada analisis optimasi pH adalah 45 menit. Banyaknya karbon aktif yang digunakan pada analisis optimasi pH

sebanyak 0,5 g. Dari data yang dihasilkan dibuat grafik antara kapasitas adsorpsi (mg/g) dengan pH larutan fenol seperti ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 11. Efektivitas adsorpsi fenol pada variasi pH

Gambar 11 menunjukkan bahwa karbon aktif dari tandan pisang yang dimodifikasi dengan KOH 10% dapat bekerja dengan baik dalam mengadsorpsi fenol pada pH 3. Hal ini berhubungan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari adsorben (Nurhasni, 2002). Menurut Riapanitra (2006) pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi dan spesi apa saja yang terserap dalam kondisi adsorpsi tersebut. Nilai pH juga dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun adsorben. Dalam variasi kemungkinan ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat dapat terjadi (Refilda, 2001).

Grafik diatas menunjukkan bahwa semakin asam pH pada larutan fenol maka larutan fenol yang terserap semakin besar, sedangkan pH yang mendekati pH netral (pH 7 dan 8) daya serap karbon aktif tandan pisang semakin menurun menjadi 2,53 mg/g. pada pH netral karbon aktif mengalami kejenuhan dan telah mencapai kesetimbangan. Hal ini disebabkan karena pada pH

netral, ion-ion dari adsorbat mengalami reaksi hidrolisis dalam larutan sehingga menyebabkan ketidakstabilan dan menurunnya daya adsorpsi pada karbon aktif tandan pisang.

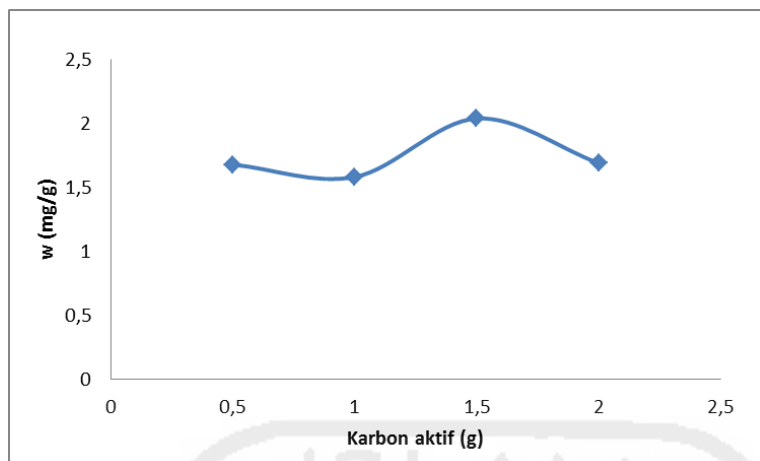
### 5.4.3 Pengaruh Variasi Berat Karbon Optimum

Pengaruh variasi berat terhadap adsorpsi fenol dilakukan untuk mengetahui berapa banyak karbon aktif untuk mengadsorpsi fenol secara maksimal. Variasi untuk berat adsorben yaitu 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0 g.

Tabel 4. Pengaruh variasi berat karbon terhadap adsorpsi Fenol

Karbon Aktif (g)	W (mg/g)
0,5	1,6753
1	1,5781
1,5	2,0351
2	1,6861

Tabel 4 menunjukkan adsorpsi fenol pada berbagai berat karbon aktif, yaitu 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 gram. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa karbon aktif dengan berat 0,5 gram telah mengadsorpsi fenol sebanyak 1,6753 mg/g, hal ini dan pada berat 1,0 terjadi penurunan adsorpsi sebanyak 1,5781 mg/g. Pada karbon dengan berat 1,5 adsorpsi karbon aktif terhadap fenol mengalami kenaikan yaitu sebanyak 2,0351 mg/g. Pada karbon dengan berat 2,0 gram, adsorpsi kembali mengalami penurunan kapasitas adsorpsi yaitu sebanyak 1,6861 mg/g. Grafik pengaruh berat karbon aktif terhadap adsorpsi fenol ditunjukkan oleh Gambar 13.



Gambar 12. Efektifitas adsorpsi fenol pada variasi berat

Gambar 12. Menunjukkan bahwa karbon aktif dari tandan pisang yang dimodifikasi dengan KOH 10% dapat bekerja dengan baik dalam mengadsorpsi fenol pada berat karbon aktif sebanyak 1,5 gram. Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa penurunan konsentrasi yang sangat besar terjadi pada berat 1 g.

#### 5.4.4 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Fenol

Kapasitas adsorpsi fenol diperoleh dari isothermal adsorpsi. Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah persamaan Langmuir dan Freundlich. Model persamaan Langmuir mengasumsikan adsorpsi *monolayer* pada permukaan yang mengandung sejumlah tertentu pusat-pusat aktif yang identik. Model ini menganggap bahwa energi adsorpsi seragam pada permukaan dan tidak ada perpindahan adsorbat pada bidang permukaan diberikan oleh persamaan dibawah ini.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0} \quad (7)$$

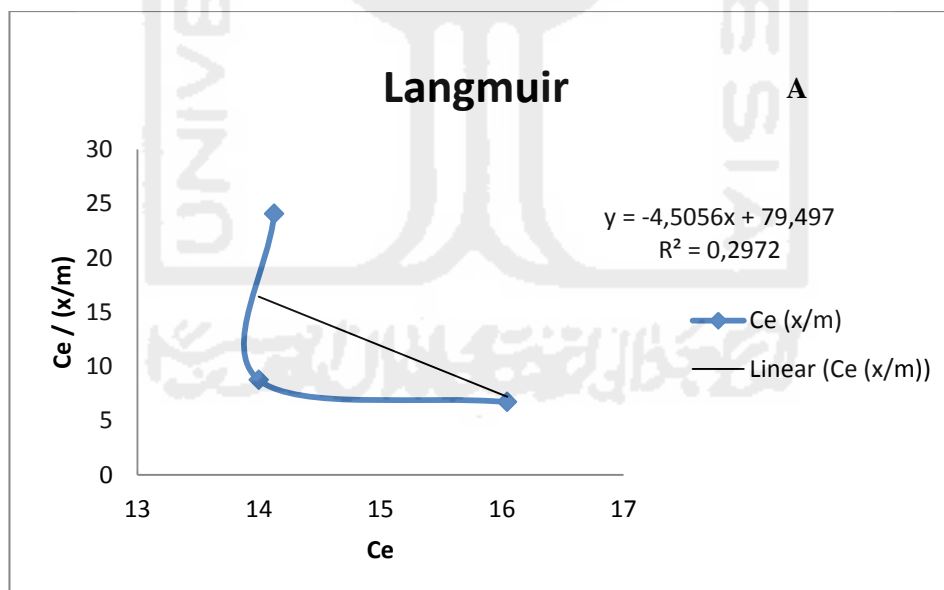
Dimana  $C_e$  adalah konsentrasi fenol pada kesetimbangan. Tetapan  $Q_0$  merupakan kapasitas adsorpsi dan  $b$  berhubungan dengan energi adsorpsi.

Model persamaan Freundlich mengasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan sisi bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikat pada tiap-tiap sisi adsorpsi mengikuti isothermal Langmuir. Isothermal Freundlich bergantung pada asumsi bahwa energi permukaan heterogen. Bentuk linear dari persamaan dibawah.

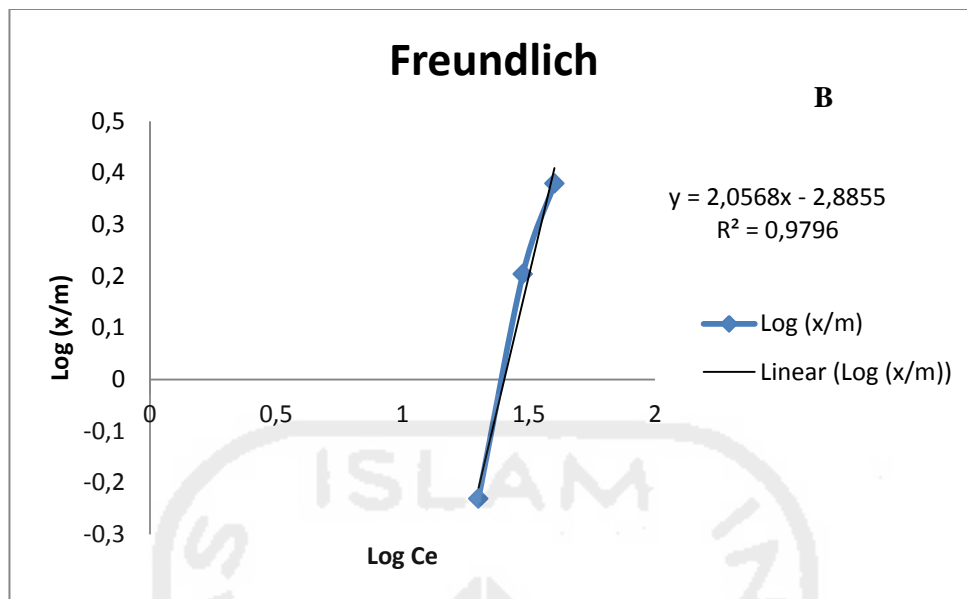
$$\log (x/m) = \log k + 1/n (\log Ce) \quad (8)$$

Dimana x adalah jumlah fenol yang di adsorpsi (mg), m adalah massa adsorben yang digunakan (g), Ce adalah konsentrasi kesetimbangan larutan fenol (mg/L). k dan n merupakan tetapan-tetapan yang menghubungkan semua factor yang mempengaruhi proses adsorpsi, seperti kapasitas adsorpsi dan intensitas adsorpsi. Nilai k dan n diperoleh dari kemiringan dan intersep kurva linear  $\log (x/m)$  vs  $\log Ce$ .

Isothermal Langmuir dan Freundlich untuk adsorpsi fenol oleh karbon aktif ditunjukkan oleh Gambar 13.



Gambar 13. Isothermal Langmuir untuk adsorpsi fenol oleh karbon aktif



Gambar14. Isothermal Freundlich untuk adsorpsi fenol oleh karbon aktif

Gambar 13 dan 14 menunjukkan bahwa adsorpsi fenol oleh karbon aktif tandan pisang yang dimodifikasi dengan KOH 10% tidak memenuhi persamaan Langmuir akan tetapi memenuhi persamaan Freundlich. Nilai kuadran terkecil,  $R^2$  pada fenol tidak mendekati 1, yaitu 0,2972 untuk persamaan Langmuir dan 0,9796 untuk persamaan Freundlich terhitung mendekati 1. Isotherm Freundlich menggambarkan proses yang terjadi secara fisika. Ion fenol hanya menempel pada permukaan adsorben dan tidak terikat kuat sehingga mudah lepas.

#### 5.4.5 Kinetika Adsorpsi

Data kinetika adsorpsi diproses untuk memahami dinamika dari proses adsorpsi berdasarkan orde adsorpsi. Data kinetika kemudian diolah dengan model kinetika orde semu dengan persamaan deferensial sebagai berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k (q_e - q_t) \quad (9)$$

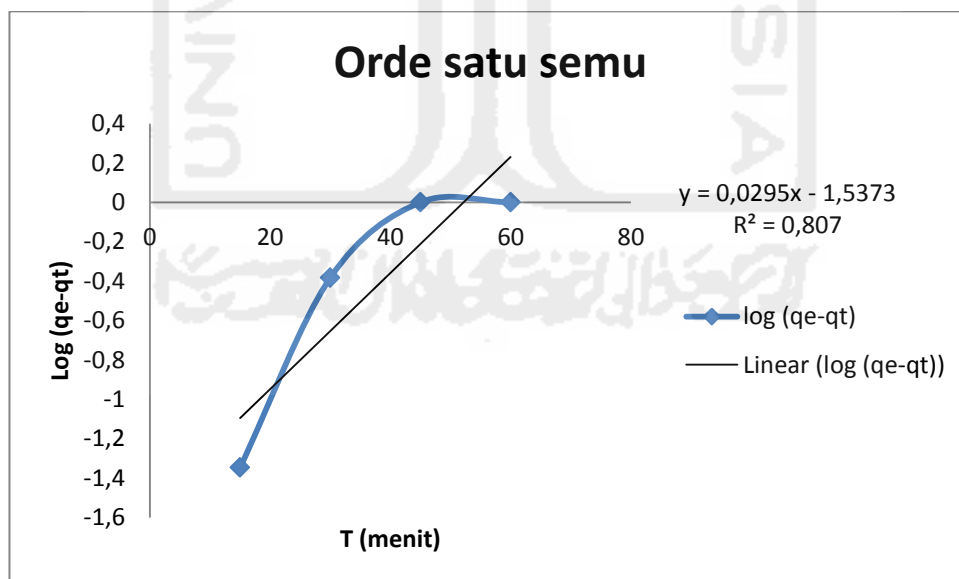
Dimana  $q_e$  dan  $q_t$  berturut-turut merupakan jumlah fenol yang diadsorpsi (mg/g) pada kesetimbangan daripada waktu tertentu,  $t$  (menit),  $k_1$  merupakan tetapan laju orde satu semu (menit<sup>-1</sup>). Hasil integrasi memberikan persamaan:

$$\log \frac{q_e}{q_e - q_t} = \frac{k_1}{2,303} t \quad (10)$$

Yang merupakan persamaan laju orde satu semu. Persamaan ini dapat ditulis sebagai

$$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t \quad (11)$$

Nilai-nilai tetapan laju  $k_1$ , kapasitas adsorpsi dalam keadaan setimbang  $q_e$ , koefisien korelasi  $R_1^2$ , dihitung dari plot  $\log (q_e - q_t)$  versus  $t$ . Hasil pengolahan data kinetika dengan menggunakan persamaan laju orde satu semu untuk adsorpsi fenol dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 15. Kinetika orde satu semu untuk adsorpsi fenol

Gambar 15 menunjukkan grafik kinetika orde satu fenol. Nilai  $R^2$  untuk adsorpsi fenol adalah 0,807 dari nilai  $R^2$  yang didapat menunjukkan bahwa proses adsorpsi senyawa tersebut memenuhi persamaan laju orde satu.

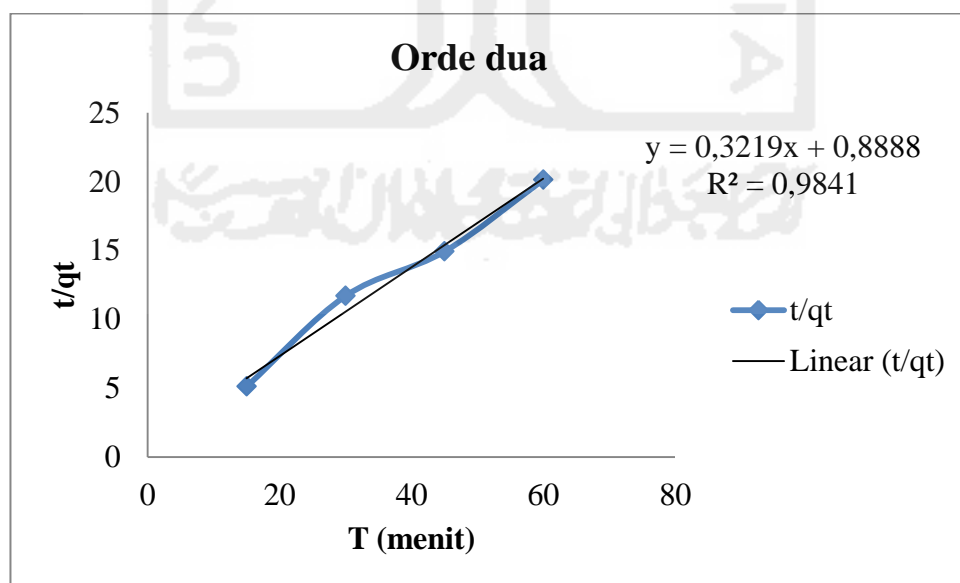
Data kinetika kemudian diolah dengan model kinetika orde dua semu. Persamaan diferensial adalah sebagai berikut:

$$\frac{dqt}{dt} = k (q_e - qt)^2 \quad (12)$$

Dimana  $k_2$  adalah tetapan laju orde satu semu ( $\text{mg}^{-1}\text{min}^{-1}$ ). Integrasi persamaan diatas menghasilkan:

$$\frac{1}{q_e - qt} = \frac{1}{q_e} + kt \quad (13)$$

Hasil pengolahan data kinetika dengan menggunakan persamaan laju orde dua semu diperlihatkan pada Gambar 17.



Gambar 16. Kinetika orde satu dua untuk adsorpsi fenol



Gambar 16 menunjukkan grafik kinetika orde semu dua fenol. Nilai  $R^2$  untuk adsorpsi fenol adalah 0,9841 ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi senyawa tersebut memenuhi persamaan laju orde dua semu, karena nilai  $R^2$  dari fenol mendekati angka 1.



## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

1. Modifikasi karbon aktif tandan pisang menggunakan KOH 10% pada penelitian ini, dapat mengadsorpsi fenol 50 ppm pada rentang waktu 45 menit dengan keadaan pH 3, dan konsentrasi yang digunakan adalah 40 ppm serta menggunakan karbon aktif tandan pisang sebanyak 15 gram.
2. Adsorpsi fenol memenuhi persamaan laju orde dua semu dengan nilai 0,9841 dengan jumlah maksimum 3,017 mg/g.
3. Adsorpsi fenol tidak memenuhi persamaan Langmuir dengan nilai  $R^2$  0,2972 dan memenuhi persamaan Freudlich dengan nilai sebesar  $R^2$  mendekati 1 yaitu 0,9796.

#### 6.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya untuk memperhatikan pembuatan karbon aktif antara karbon aktif yang berasal dari bahan biologis (*Biochar*) dan karbon aktif yang berasal dari bahan non-biologis (*Pyrolysis*), karena setiap perlakuan yang dilakukan sangat berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allwar. (2012). Characteristics of Pore Structures and Surface Chemistry of Activated Carbons by Physisorption, FTIR and Boehm Methods. *IQSR Journal of Applied Chemistry (IOSRJAC)*, Vol.2 Page 9-15.
- Anischan, G. (2009). *Biochar Penyelamat Lingkungan*. Bogor: Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Anonim. (2000). *Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah*. Bogor: Pusat Litbang Hasil Hutan.
- Bayat. (2002). *Journal of Hazardous Material*. Vol.95 (3) 275-290.
- Blanchard, A. (1986). *Synthetic Inorganic Chemistry*. New York: Jhon and Willey Sons.
- Fatimah, I. (2014). *Adsorpsi dan Katalisis Menggunakan Material Berbasis Clay*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- G., A. (2009). *Biochar Penyelamat Lingkungan*. Bogor: Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Glaser, B. L.-b. (2001). The Terra Pretta Phenomenon. *A model for sustainable agriculture in the humid tropics*, 37-41.
- Harun. (2008). *Upaya dan permasalahan rehabilitasi lahan kritis* . Jakarta: Perusahaan Umum Kehutanan Negara.
- Khopkar, S. M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Liang B.J. Lehman, D. S. (2011). Pengaruh Biochar dari Limbah Sagu Terhadap Pelindian Nitrogen di Lahan Kering Masam. Vol. 11, No. 2.
- Mann, C. (2005). *New Revelations of The American before Columbus*. New York: Vintage and Anchor HBooks.
- Muljan, M. d. (1995). *Analisis Instrumental*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Saputra, O. (2016). *Karakterisasi Arang Aktif Tandan Pisang dengan Menggunakan Aktivator KOH dan Aplikasinya sebagai Adsorben 2-klorofenol*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- R., H. (2008). *Upaya permasalahan rehabilitasi lahan kritis*. Jakarta: Perusahaan Umum Kehutanan Negara.
- S, S., Lopez, C., Krull, E., & Bol, R. (2009). *Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Biochar dari Sludge Biogas pada Proses Aktivasi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sastrohamidjojo, H. (2001). *Kimia Dasar*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sembiring, M. T. (2003). *Arang Aktif: Pengenalan dan Proses Pembuatan*. Sumatera Utara: Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.

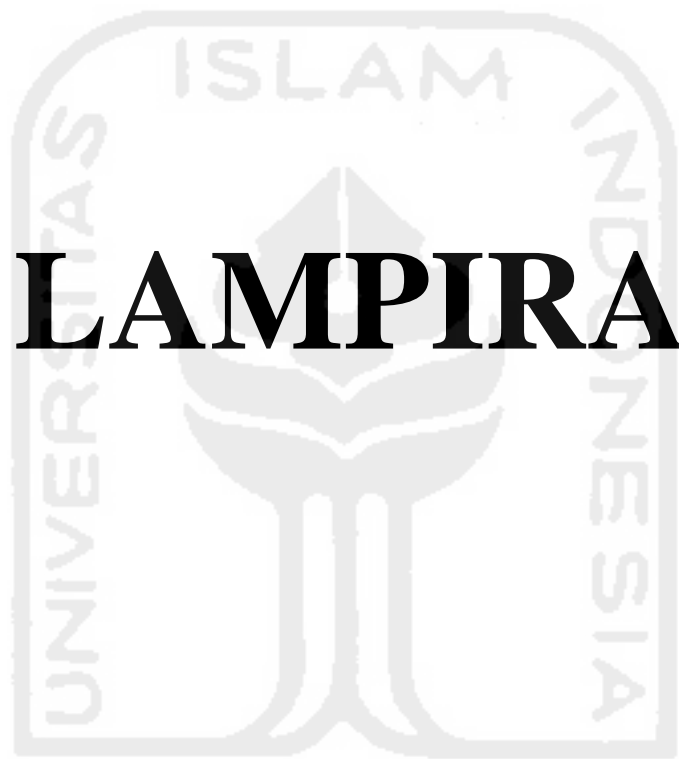
Sembiring, M., & Sinaga. (2003). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Biochar dari Sludge Biogas pada Proses Aktivasi. In J. A. Sandra, *Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Biochar dari Sludge Biogas pada Proses Aktivasi*. Malang: Universitas Brawijaya.

Sombroek, W. M. (2003). Amazonian dark earths as carbon stores and sinks. *Amazonian dark*, 125-139.

Wade, L. G. (2008). Phenol Chemical Compound. *Encyclopedia Britannica*, 1-6.

Zaror, & Pyle. (1982). MT Studi Proses Pirolisis Tempurung Kelapa Pembuatan Asap Cair (Bahan Pengawet Alami). Dalam R. B. Pamungkas, *MT Studi Proses Pirolisis Tempurung Kelapa Pembuatan Asap Cair (Bahan Pengawet Alami)* (hal. Vol 24-27).



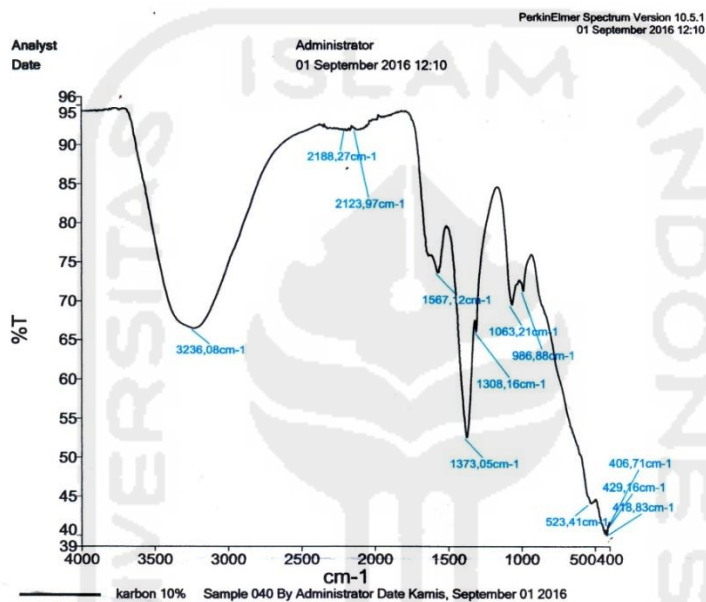


# LAMPIRAN

وَمَا يَكْفُرُ الْإِنْسَانُ لِرَبِّهِ  
عِندَ مَا يَدْعُنَا إِلَى تَرْكِهَا  
وَمَا يَكْفُرُ الْإِنْسَانُ لِرَبِّهِ  
عِندَ مَا يَدْعُنَا إِلَى تَرْكِهَا

## Lampiran 1: Hasil spektrofotometer inframerah karbon aktif

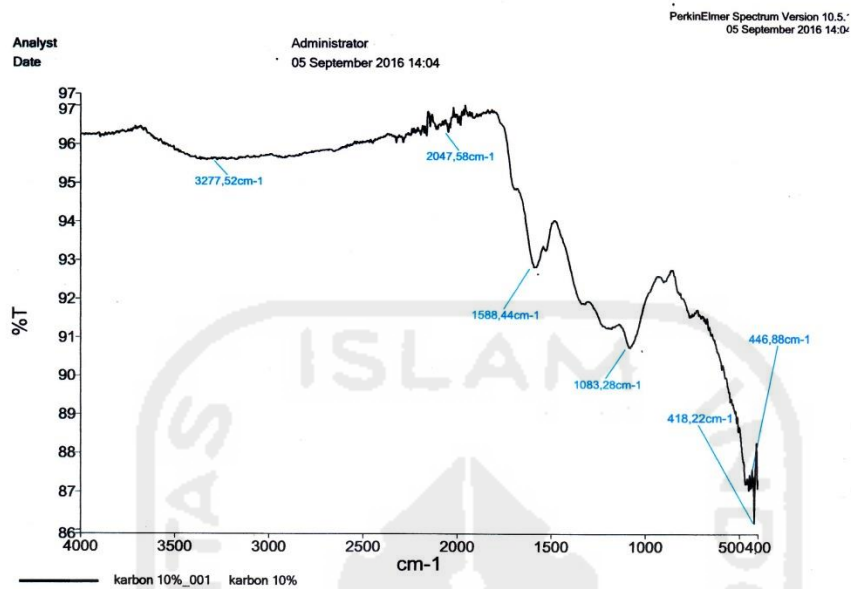
### 1. Hasil analisis karbon aktif non modifikasi



Source Spectra Results	
Spectrum Name	Number Of Peaks
karbon 10%	12

List of Peak Area/Height		
Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
1	3236,08	66,51
2	2188,27	91,86
3	2123,97	91,94
4	1567,12	73,66
5	1373,05	52,58
6	1308,16	66,11
7	1063,21	69,58
8	986,88	71,33
9	523,41	44,07
10	429,16	40,2
11	418,83	40
12	406,71	41,03

## 2. Hasil analisis karbon aktif setelah dimodifikasi



Source Spectra Results	
Spectrum Name	Number Of Peaks
karbon 10%_001	6

List of Peak Area/Height		
Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
1	3277,52	95,61
2	2047,58	96,33
3 C = C	1588,44	92,82
4 C - O	1083,28	90,74
5	446,88	87,04
6	418,22	86,18

Setelah di rendam H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

## Lampiran 2: Perhitungan penentuan waktu optimum adsorpsi fenol

### 2.1 Perhitungan penentuan waktu optimum adsorpsi fenol

Banyaknya fenol yang teradsorpsi (mg/g) adsorben (karbon aktif tandan pisang) ditentukan menggunakan persamaan:

$$W = \frac{(C_o - C_e)V}{W_a}$$

Dimana :

W = jumlah fenol yang teradsorpsi (mg/g)

C<sub>o</sub> = konsentrasi fenol sebelum adsorpsi

C<sub>e</sub> = konsentrasi fenol setelah adsorpsi

V = volume larutan fenol (L)

W<sub>a</sub> = jumlah adsorben karbon aktif (G)

a. Waktu pengocokan 15 menit

$$W = \frac{(C_o - C_e)V}{W_a}$$

$$W = \frac{(50 \text{ mg/L} - 20.6410 \text{ ppm})0,05 \text{ L}}{0,5 \text{ gram}}$$

$$W = 2,9359 \text{ mg/g}$$



b. Waktu pengocokan 30 menit

$$W = \frac{(C_o - C_e)V}{W_a}$$

$$W = \frac{(50 \text{ mg/L} - 24,3219 \text{ mg/L}) 0,05 \text{ L}}{0,5 \text{ gram}}$$

$$W = 2,5678 \text{ mg/g}$$

c. Waktu pengocokan 45 menit

$$W = \frac{(C_o - C_e)V}{W_a}$$

$$W = \frac{(50 \text{ mg/L} - 19,8294 \text{ mg/L}) 0,05 \text{ L}}{0,5 \text{ gram}}$$

$$W = 3,017 \text{ mg/g}$$

d. Waktu pengocokan 60 menit

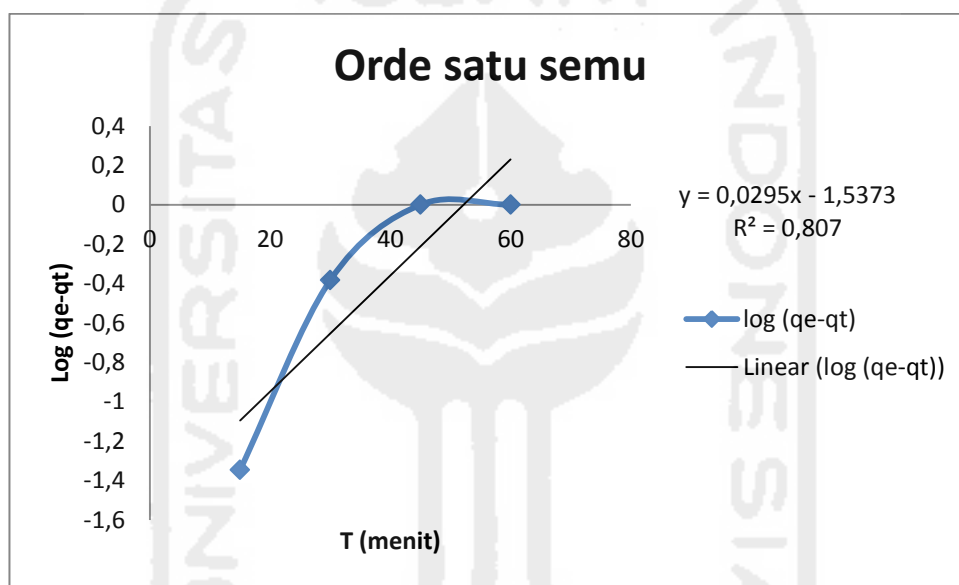
$$W = \frac{(C_o - C_e)V}{W_a}$$

$$W = \frac{(50 \text{ mg/L} - 20,1857 \text{ mg/L}) 0,05 \text{ L}}{0,5 \text{ gram}}$$

$$W = 2,9814 \text{ mg/g}$$

## 2.2 Tabel Perhitungan Orde Semu Fenol

T (menit)	C. Awal (ppm)	C.Akhir (ppm)	qe	qt	(qe-qt)	log (qe-qt)	t/qt
15	50	20,641	2,981	2,9359	0,0451	-1,3458235	5,109166
30	50	24,3219	2,981	2,567	0,414	-0,3829997	11,68679
45	50	19,8294	2,981	3,017	-0,036	#NUM!	14,91548
60	50	20,1857	2,981	2,981	0	#NUM!	20,12747



### Lampiran 3: Perhitungan penentuan kapasitas adsorpsi fenol

#### 1. Perhitungan penentuan kapasitas fenol teradsorpsi

- a. Fenol konsentrasi 20 mg/L

$$W = \frac{(C_o - C_e)V}{W_a}$$

$$W = \frac{(20 \text{ mg/L} - 14,1249 \text{ mg/L})0,05 \text{ L}}{0,5 \text{ g}}$$

$$W = 0,5785 \text{ mg/g}$$

- b. Fenol konsentrasi 30 mg/L

$$W = \frac{(C_o - C_e)V}{W_a}$$

$$W = \frac{(30 \text{ mg/L} - 13,9980 \text{ mg/L})0,05 \text{ L}}{0,5 \text{ g}}$$

$$W = 1,6002 \text{ mg/g}$$

- c. Fenol konsentrasi 40 mg/L

$$W = \frac{(C_o - C_e)V}{W_a}$$

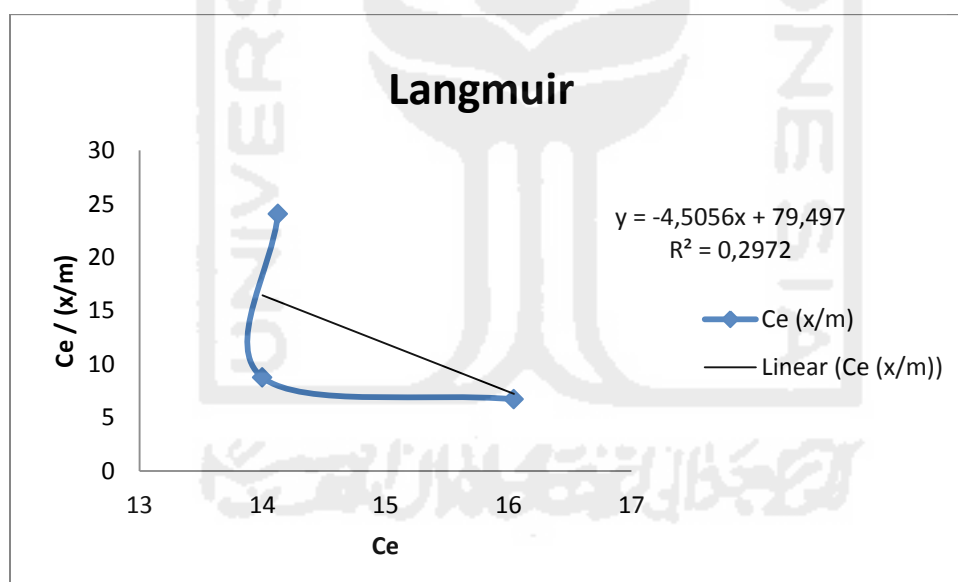
$$W = \frac{(40 \text{ mg/L} - 16,0447 \text{ mg/L})0,05 \text{ L}}{0,5 \text{ g}}$$

$$W = 2,3955 \text{ mg/g}$$

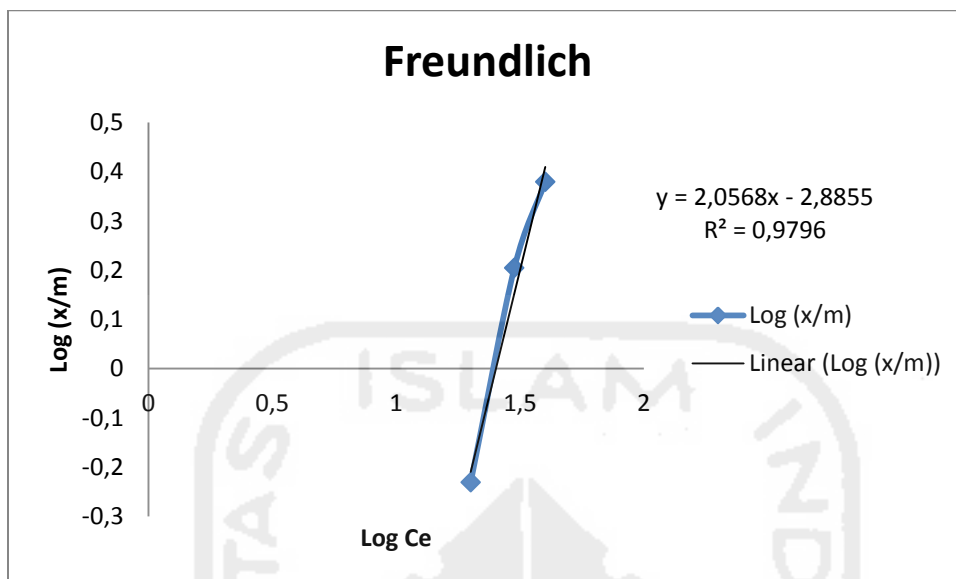
Perhitungan isothermal Langmuir dan Freudlich untuk adsorpsi fenol oleh karbon aktif

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	C. selisih (mg/L)	Log Ce	x/m	log x/m	Ce/(x/m)
20	14,1249	5,8751	1,301029996	0,5875	-0,23099213	24,04238298
30	13,998	16,002	1,477121255	1,6002	0,204174266	8,747656543
40	16,0447	23,9553	1,602059991	2,3955	0,379396175	6,697850136

### 3.2 Kurva persamaan isothermal Langmuir



### 3.3 Kurva persamaan isothermal Freundlich



#### Lampiran 4. Perhitungan pH optimum fenol

Tabel perhitungan pH optimum fenol

pH	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	V (L)	Wa (g)	W (mg/g)
3	50	15,4370	0,05	0,5	3,456
5	50	22,5473	0,05	0,5	2,745
7	50	24,0769	0,05	0,5	2,5923
8	50	24,6315	0,05	0,5	2,5368

## Lampiran 5. Kurva baku fenol

### 5.1 Absorbansi fenol

Tabel Absorbansi Larutan Standar Fenol

Standar	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
<b>Std 1</b>	10	0,172
<b>Std 2</b>	20	0,359
<b>Std 3</b>	30	0,559
<b>Std4</b>	40	0,678
<b>Std 5</b>	50	0,867

