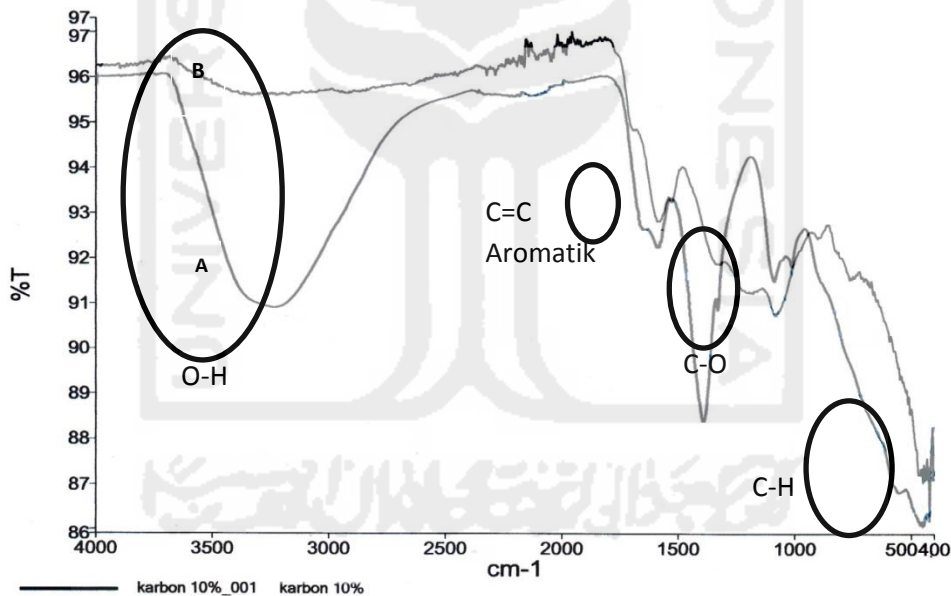


## BAB V

### 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.



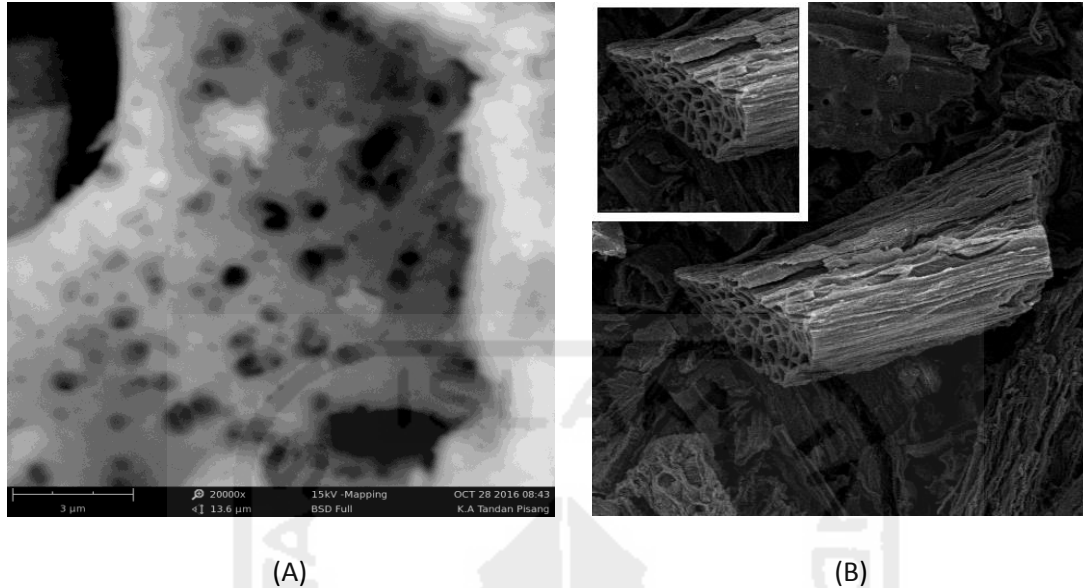
Gambar 8 (a) Spektra FTIR tandan pisang teraktivasi sebelum perendaman HNO<sub>3</sub> (b) Spektra FTIR tandan pisang teraktivasi setelah perendaman HNO<sub>3</sub>

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

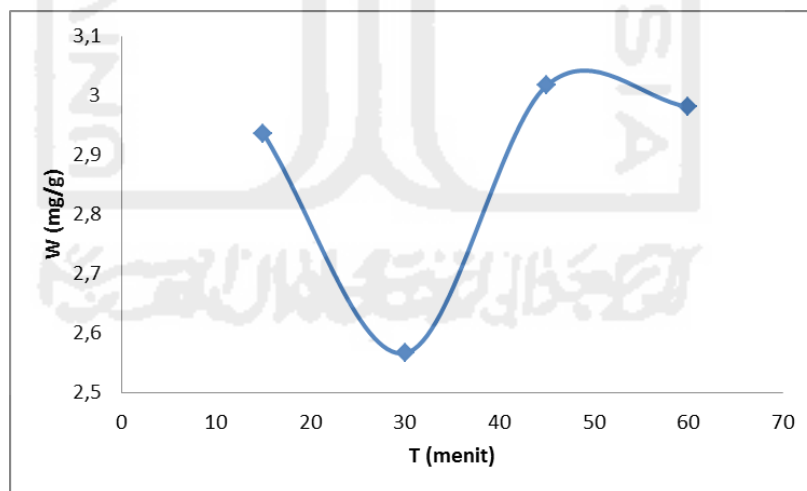
Berdasarkan Tabel 2, komponen utama dalam karbon aktif tandan pisang yang teraktivasi menggunakan KOH 10% terdiri dari O dan C dengan kadar 46,2 % dan 33,5 %. Untuk kadar natrium (Na) dalam karbon aktif tandan pisang sebesar 15,3 % dan kadar klorida (Cl) sebesar 4,9 %. Unsur Na dan Cl kemungkinan besar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

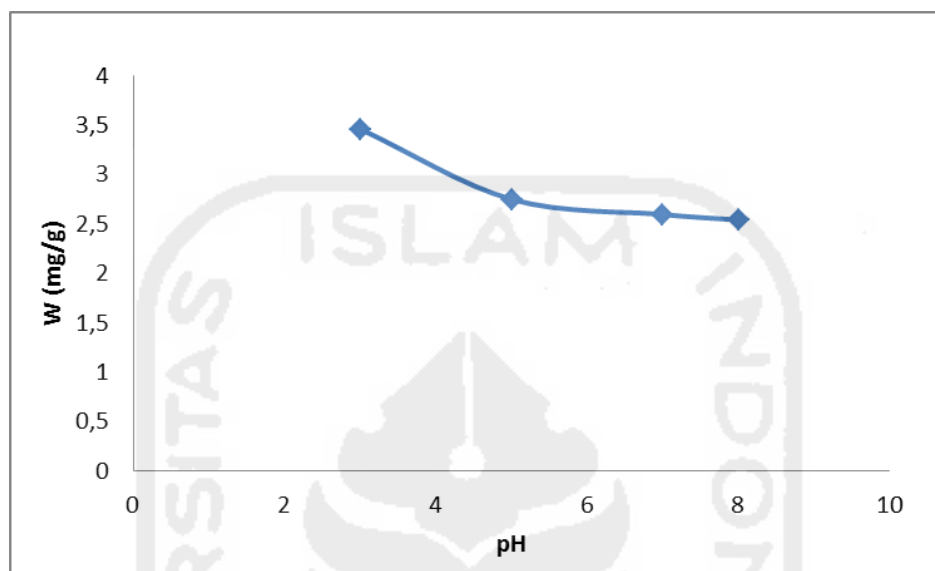
T (menit)	W (mg/g)
15	2,9359
30	2,567
45	3,017
60	2,981

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

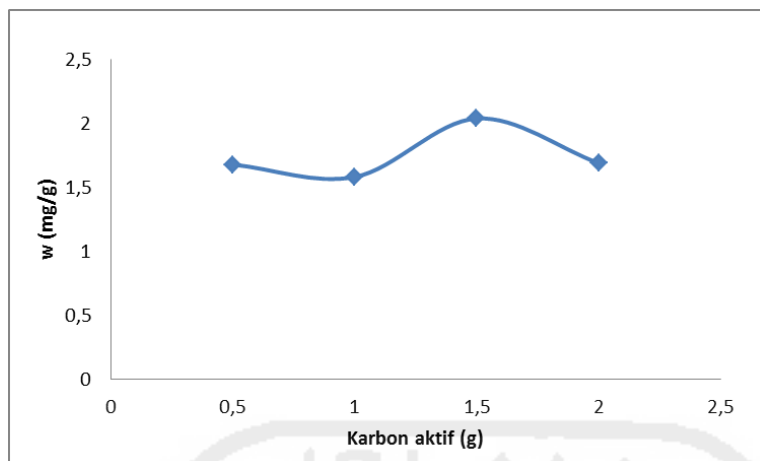
Pengaruh variasi berat terhadap adsorpsi fenol dilakukan untuk mengetahui berapa banyak karbon aktif untuk mengadsorpsi fenol secara maksimal. Variasi untuk berat adsorben yaitu 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0 g.

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.

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

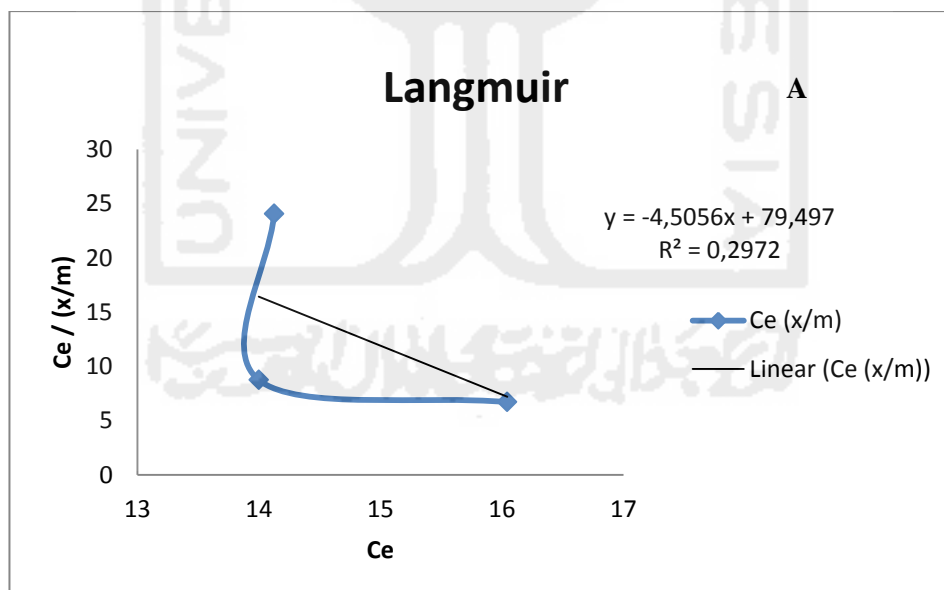
Dimana  $C_e$  adalah konsentrasi fenol pada kesetimbangan. Tetapan  $Q_0$  merupakan kapasitas adsorpsi dan  $b$  berhubungan dengan energi adsorpsi.

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.

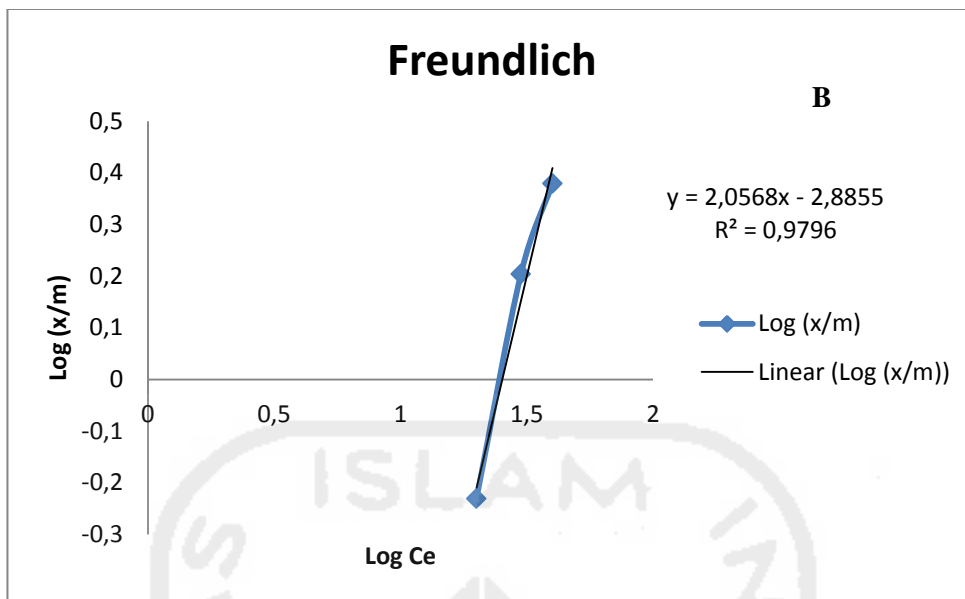
$$\log (x/m) = \log k + 1/n (\log Ce) \quad (8)$$

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:

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

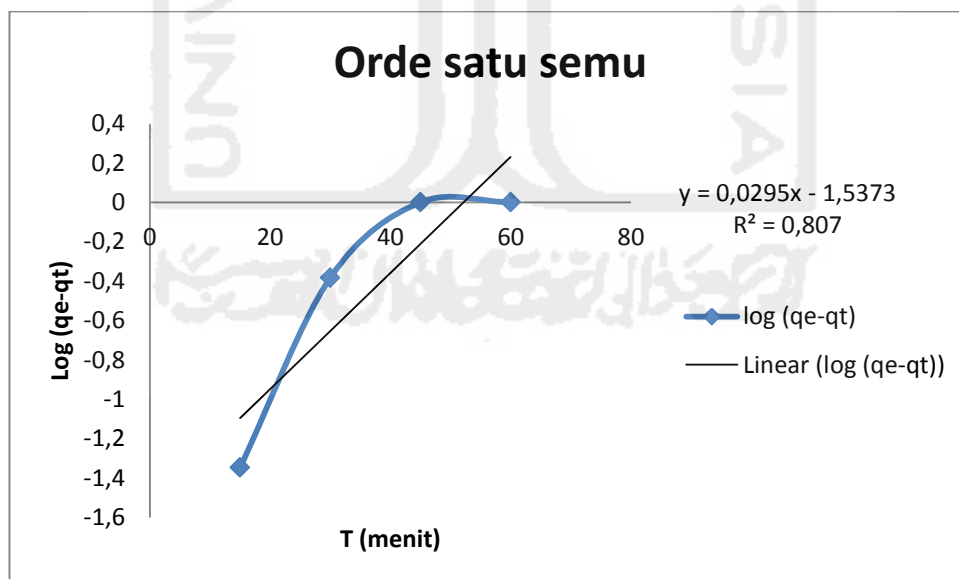
Dimana  $q_e$  dan  $q_t$  berturut-turut merupakan jumlah fenol yang diadsorpsi (mg/g) pada kesetimbangan daripada waktu tertentu,  $t$  (menit),  $k_1$  merupakan tetapan laju orde satuan semu (menit<sup>-1</sup>). Hasil integrasi memberikan persamaan:

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

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.

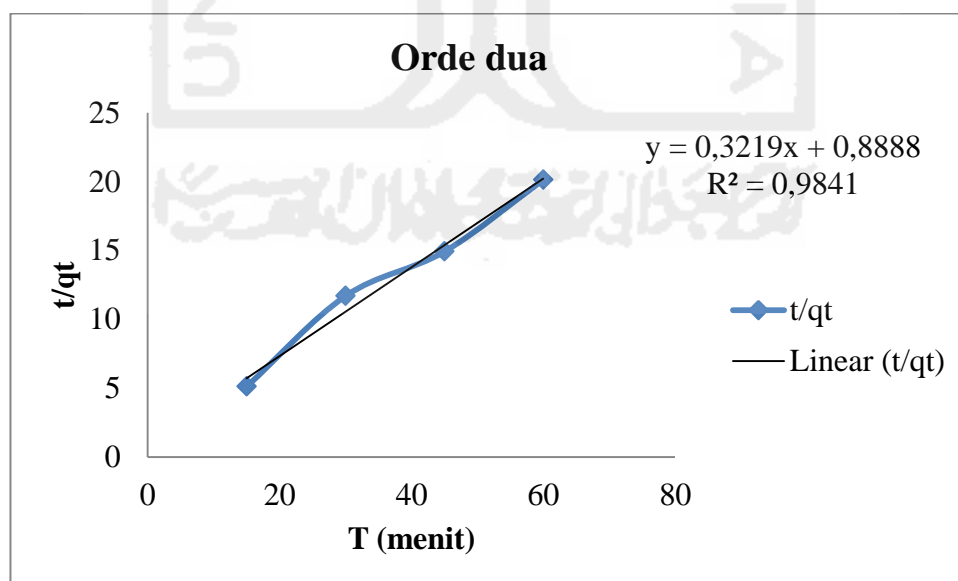
Data kinetika kemudian diolah dengan model kinetika orde dua semu. Persamaan diferensial adalah sebagai berikut:

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

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

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

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



Gambar 16. Kinetika orde semu 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.

