

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat dari pengolahan industri kelapa sawit. Secara umum, aplikasi dari TKKS di lapangan ialah menyebarkan TKKS ke piringan tanaman kelapa sawit secara merata guna menjaga kelembapan tanah, mengurangi kerugian nutrisi saat curah hujan tinggi (Goenadi & Away, 1995). TKKS memiliki kandungan nutrisi berupa N 2,34%, C/N 15, P 0,31%, K 5,53%, Ca 1,46%, Mg 0,96%, dan air 52% (Widiastuti & Panji, 2007).

TKKS memiliki komponen penyusun yang kaya akan unsur karbon yaitu selulosa, lignin dan hemiselulosa sehingga dapat dimanfaatkan dan menjadi nilai ekonomis yang tinggi. Lignoselulosa dalam TKKS mengandung gugus –OH dan –COOH yang memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat (Taer, et al., 2016). Lignoselulosa dalam TKKS akan terurai selama proses karbonisasi dan membentuk karbon (Ramadhani, et al., 2020). Oleh karena itu kandungan lignoselulosa dalam TKKS yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Tabel 2.1 menunjukkan komponen penyusun TKKS (Nasruddin, 2012).

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Penyusun TKKS

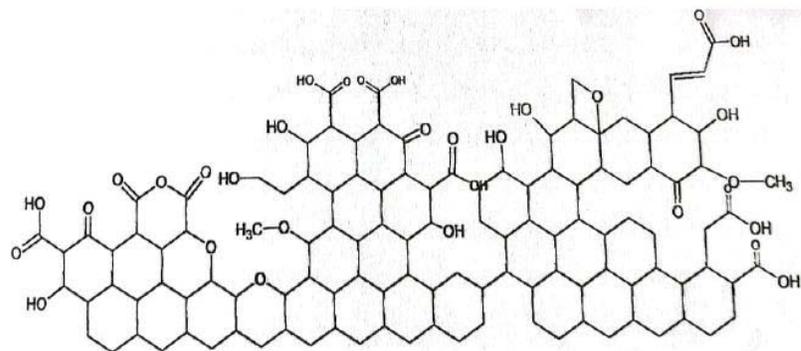
| No. | Komposisi    | Kadar (%) |
|-----|--------------|-----------|
| 1   | Selulosa     | 45,95     |
| 2   | Hemiselulosa | 22,84     |
| 3   | Lignin       | 16,49     |
| 4   | Minyak       | 2,41      |
| 5   | Abu          | 1,23      |
| 6   | Nitrogen     | 0,53      |

#### 2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif (KA) merupakan suatu arang yang dihasilkan dari bahan organik maupun anorganik yang mengandung karbon dengan kadar tinggi dibuat

dengan cara diaktivasi melalui proses pemanasan atau perendaman dengan aktivator kimia sehingga dapat memperluas permukaan karbon aktif (Ramadhani, et al., 2020). Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahapan yaitu dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Tahap dehidrasi adalah tahap penghilangan kandungan air pada bahan baku dengan cara menjemurnya di bawah sinar matahari atau pemanasan di dalam oven dengan suhu tertentu. Tahap karbonisasi adalah suatu proses pemanasan bahan baku dalam suatu tempat tertutup dengan suhu tertentu yang menghasilkan arang dengan kandungan karbon tinggi. Pada tahap karbonisasi menghasilkan karbon dengan pori yang lemah, oleh karena itu perlu dilakukan aktivasi untuk mengaktifkan pori karbon (Juliandini, et al., 2008). Tahap aktivasi adalah proses penghilangan zat pengotor pada permukaan karbon yang menutupi pori dengan cara pemanasan atau merendam bahan baku ke dalam bahan kimia (Dewi, et al., 2009).

Karbon aktif yang telah diaktivasi membentuk suatu kisi heksagonal datar yang tersusun oleh atom-atom karbon secara kovalen (Sembiring & Sinaga, 2002). Karbon aktif memiliki gugus fungsional seperti hidroksil dan karbonil. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang tinggi dan dapat diaplikasikan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi untuk pemisahan, katalis, elektrokimia dan sebagainya (Sobirin, et al., 2016). Berikut Gambar 2.1 merupakan struktur karbon aktif (Jankowska, et al., 1991).



Gambar 2.1 Struktur Karbon Aktif

## 2.3 Air Gambut

Air gambut merupakan air permukaan yang terdapat di daerah gambut yang tersebar di wilayah dataran rendah seperti Kalimantan, Sumatera dan Papua. Air gambut memiliki karakteristik seperti intensitas warnanya tinggi (berwarna merah kecoklatan), derajat keasaman yang tinggi (pH rendah), kandungan zat organik tinggi dan konsentrasi partikel tersuspensi dan ion yang rendah (Samosir, 2019) Konsentrasi kandungan zat organik dalam air gambut terlihat dari warnanya, dimana semakin pekat warna airnya maka semakin tinggi kandungan zat organiknya (Suherman, D dan Nyoman S., 2013)

Air gambut mengandung senyawa organik terlarut yang menyebabkan air berwarna coklat kehitaman dan bersifat asam, sehingga perlu pengolahan khusus sebelum digunakan untuk kebutuhan sehari-hari (Nainggolan, 2011). Senyawa utama yang terkandung dalam air gambut ialah asam humat, asam fulvat dan humin. Senyawa-senyawa tersebut merupakan zat pewarna didalam air gambut dan merupakan senyawa dari hasil pelarutan dari humus yang terdapat di dalam lahan gambut (Suherman, D dan Nyoman S., 2013). Berdasarkan kelarutannya dalam alkali dan asam, senyawa humat dibagi dalam tiga fraksi utama, yaitu (Alqadrie, 2000) :

### 1. Asam Humat

Asam humat didefinisikan sebagai hasil akhir dekomposisi bahan organik oleh organisme secara aerobik. Memiliki berat moleku yang tigggi. Merupakan makromolekul aromatic kompleks dengan asam amino, gula amino, peptide, serta komponen alifatik yang posisinya berada antara kelompok aromatic. Merupakan bagian dari humus yang bersifat tidak larut dalam air pada kondisi  $\text{pH} < 2$  tetapi larut pada pH yang lebih tinggi. Berwarna coklat kehitaman sampai abu abu pekat.

### 2. Asam fulvat

Asam fulvat merupakan bahan aam organik alami yang berasal dari humus, larut dalam air sering ditemukan dalam air permukaan dengan berat molekul yang rendah yaitu antara 1000 – 10.000. bersifat larut dalam air pada semua kondisi pH dan akan berada dalam larutan setelah proses penyisihan asam humat melalui

proses asidifikasi. Warnanya bervariasi mulai dari kuning sampai kuning kecoklatan.

### 3. Humin

Kompleks Humin dianggap sebagai molekul paling besar dari bahan humus karena rentang berat molekulnya mencapai 100.000 hingga 10.000.000. Sedangkan sifat fisika dan kimianya belum banyak diketahui.

Kandungan zat organik yang ada dalam air dapat berasal dari alam atau sebagai dampak dari kegiatan manusia. Kadar zat organik yang berlebihan dalam air minum tidak diperbolehkan karena selain menimbulkan warna, bau dan rasa yang tidak diinginkan, juga mungkin bersifat toksik baik secara langsung maupun setelah bersenyawa dengan zat lain yang ada (Yusnimar, dkk, 2010). Air yang berkualitas harus memenuhi syarat fisik dan kimiawi yang sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga air bersifat aman untuk digunakan dalam kebutuhan rumah tangga.

Tabel 2.2 Baku Mutu Parameter Kimia Air Gambut

| No | Parameter                        | Standar Baku Mutu |
|----|----------------------------------|-------------------|
| 1  | pH                               | 6,5 – 8,5 (mg/l)  |
| 2  | Besi (Fe)                        | 1 (mg/l)          |
| 3  | Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )   | 500 (mg/l)        |
| 4  | Zat Organik (KMnO <sub>4</sub> ) | 10 (mg/l)         |

Sumber : Permenkes No.32 Tahun 2017

Adanya zat organik dalam air dapat diketahui dengan menentukan angka permanganatnya. Kandungan Zat Organik (KMnO<sub>4</sub>) adalah kadar zat organik yang terdapat dalam air gambut yang digunakan sesuai dengan Permenkes RI No. 32/2017 kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu 10 mg/liter. Pengaruh terhadap kesehatan yang dapat ditimbulkan oleh penyimpangan terhadap standar ini adalah timbulnya bau yang tidak sedap pada air minum, dan dapat menyebabkan sakit perut (Sutrisno, 2006).

### 2.4 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan yang terjadi akibat adanya interaksi antara adsorbat dengan adsorben pada permukaan adsorben. Interaksi ini terjadi dikarenakan adanya gaya tarik-menarik, dimana adsorben akan cenderung

menarik adsorbat yang menyentuh permukaannya. Proses adsorpsi memiliki dua komponen yaitu adsorbat dan adsorben. Adsorbat adalah suatu zat yang diserap, sedangkan adsorben adalah zat yang menyerap (Arif, 2014). Ada dua macam adsorpsi yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika merupakan suatu proses penyerapan yang terjadi disebabkan karena adanya gaya Van der Waals atau ikatan hidrogen yang membentuk ikatan lemah antara adsorbat yang diserap dengan permukaan adsorben yang terikat secara fisik, dimana adsorpsi ini bersifat reversibel sehingga adsorbat yang menempel dapat bergeser disekitar permukaan sehingga dapat membentuk lapisan multilayer dan dapat dilepaskan kembali dengan bantuan pelarut tertentu (Cahyono, et al., 2010). Adsorpsi kimia merupakan suatu proses penyerapan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat membentuk ikatan kimia yang kuat, sehingga bersifat irreversibel yang membuat adsorbat tidak dapat bergeser dari satu permukaan ke permukaan lain adsorben sehingga hanya membentuk lapisan monolayer. Mekanisme adsorpsi ini terjadi secara fisika dan kimia, dimana molekul adsorbat meninggalkan larutan dan menempel pada seluruh pori-pori di permukaan adsorben (Syauqiah, et al., 2012). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah adsorben, waktu kontak, luas permukaan, pengadukan, pH dan konsentrasi (Langenati, et al., 2012). Kesetimbangan adsorpsi terjadi pada saat pencampuran larutan dengan adsorben, dimana akan terjadi perpindahan adsorbat dari larutan ke adsorben (Zultiniar & Heltina 2010). Model kesetimbangan dalam adsorpsi dikenal dengan istilah isoterm adsorpsi, dalam penelitian ini digunakan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Secara umum, penentuan model isoterm adsorpsi fase cair-padat ialah model isoterm adsorpsi Langmuir dan model isotrem adsorpsi Freundlich (Arif, 2014).

#### 2.4.1 Isoterm adsorpsi Langmuir

Mekanisme adsorpsi yang terjadi dapat diketahui melalui model isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi merupakan fungsi zat terlarut yang terjerap pada padatan terhadap konsentrasi larutan dalam keadaan kesetimbangan dan temperatur tetap yang memberikan gambaran mengenai hubungan keduanya. Asumsi dari isoterm adsorpsi Langmuir adalah terbentuknya lapisan monolayer ikatan adsorben dengan adsorbat yang cukup kuat karena terbentuknya suatu ikatan kimia yang disebut dengan kimisorpsi satu lapis. Model isoterm Langmuir memiliki situs aktif yang

bersifat homogen sehingga hanya mampu mengadsorpsi satu adsorbat pada permukaannya (Handayani & Sulistiyono, 2009). Persamaan isoterm Langmuir dalam bentuk linearnya dituliskan dalam beberapa persamaan (Foo & Hameed, 2010).

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{kQ_0} + \frac{C_e}{Q_0} \quad (1)$$

$$Q_e = Q_0 - \frac{Q_e}{kC_e} \quad (2)$$

$$\frac{Q_e}{C_e} = kQ_0 - kQ_e \quad (3)$$

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_0 \cdot k \cdot C_e} + \frac{1}{Q_0} \quad (4)$$

dimana,  $C_e$  : konsentrasi kesetimbangan adsorbat (mg/L)

$Q_e$  : jumlah adsorbat pada adsorben saat kesetimbangan (mg/g)

$Q_0$  : kapasitas adsorbs (mg/g)

$k$  : konstanta isoterm Langmuir

#### 2.4.2 Isoterm adsorpsi Freundlich

Model isoterm Freundlich memberikan asumsi bahwa ikatan adsorbat dengan adsorben yang terjadi dikarenakan adanya gaya Van der Waals sehingga ikatan yang terbentuk adalah ikatan fisika dan membentuk lapisan multilayer. Adsorpsi yang terjadi dengan model isoterm Freundlich disebut dengan fisisorpsi multilayer. Kurva model isoterm adsorpsi Freundlich dapat diperoleh dengan membuat kurva hubungan antara  $\log C_e$  yang terletak pada sumbu x dengan  $\log Q_e$  yang terletak pada sumbu y (Arif, 2014). Persamaan isoterm Freundlich dalam bentuk linearnya dituliskan (Foo & Hameed, 2010).

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } kF + \frac{1}{n} \log C_e \quad (5)$$

dimana,  $kF$  : konstanta isoterm Freundlich (mg/L)

$n$  : intensitas adsorpsi

## 2.5 Instrumentasi

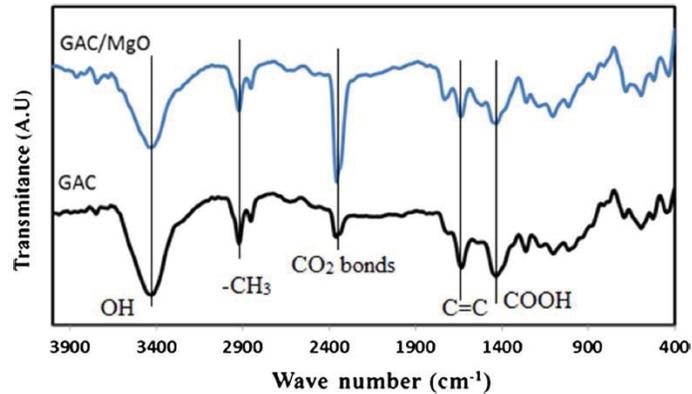
### 2.5.1 Fourier transform infrared (FTIR)

Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah salah satu instrumen yang sudah banyak digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari suatu sampel melalui spektrum vibrasi molekul beserta bilangan gelombang yang muncul. Setiap senyawa mempunyai pola adsorbansi yang diserap berbeda-beda, maka dari itu spektrum serapan FTIR bersifat khas pada tiap senyawa. Prinsip kerja FTIR yaitu menggunakan prinsip spektroskopi inframerah dimana sinar inframerah melewati celah menuju sampel. Celah berfungsi mengontrol jumlah energi yang diteruskan pada sampel. Beberapa sinar inframerah diserap oleh sampel dan sisanya ditransmisikan melalui permukaan sampel, sehingga sinar inframerah dapat lolos dan terbaca oleh detektor mengakibatkan sinyal dapat terukur dan dikirim ke komputer. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi (transmitan) dan panjang gelombang (Anam, et al., 2007).

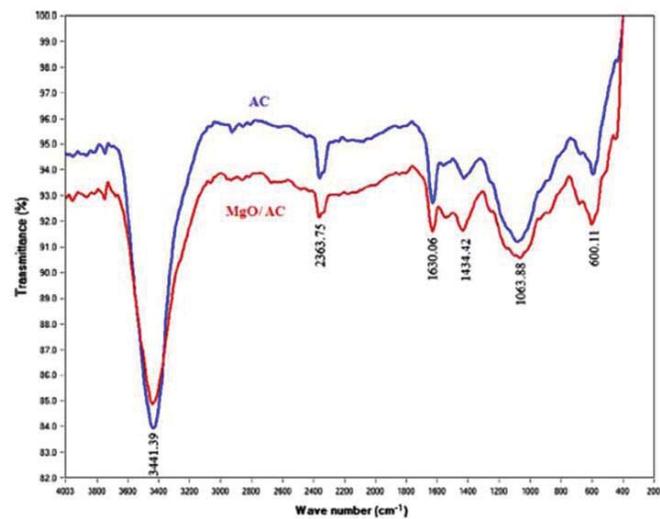
Kegunaan FTIR yang paling penting adalah untuk identifikasi senyawa organik, karena spektrumnya sangat kompleks, yaitu terdiri dari banyak puncak-puncak. Spektrum dari senyawa organiknya memiliki sifat fisik yang khas yang berarti kemungkinan kecil sekali dua senyawa mempunyai spektrum yang sama (Bintang, 2010).. Spektroskopi infra merah berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang frekuensi 400-4000 cm yang merupakan ukuran unit untuk frekuensi (Silverstein, 2002). Kegunaan yang lebih penting dari spektrum inframerah adalah memberi keterangan tentang molekul. Serapan setiap tipe ikatan (N-H, C-H, O-H, C-X, C=O, C-C, C=C, C=N dan lain-lain) hanya diperoleh dalam bagian-bagian kecil tertentu dari daerah vibrasi inframerah. (Sastrohamidjojo, 1992).

Perbedaan puncak serapan pada spektrum FTIR menunjukkan gugus fungsi yang berbeda. Adapun contoh spektrum FTIR dari karakterisasi KA/Magnesium(II) ditunjukkan pada Gambar 2.2. Gambar 2.2 menjelaskan gugus fungsi dari adsorben komposit KA/Magnesium(II) menghasilkan puncak spektrum pada 3420, 2920, 2360, 1,630, 1,434, 1420, 1,063  $\text{cm}^{-1}$ . Puncak ini sesuai dengan gugus hidroksil, gugus metilen dan metil, gugus, karboksilat, regangan C-O, ikatan CO<sub>2</sub>, gugus aromatic C=C, pembengkokan C-H aromatik dan gugus karboksilat.

Peningkatan puncak yang lebih besar pada GAC-Magnesium(II) menunjukkan adanya peningkatan gugus fungsi pada permukaan GAC/Magnesium(II). Gugus tersebut memiliki peran yang efektif dalam oksidasi organik (Galekhondabi, et al., 202; Rashidi , et al., 2019).



(a)



(b)

Gambar 2.2 Spektrum FTIR (a) GAC/Magnesium(II) (Rashidi, et al., 2019), (b) AC/Magnesium(II) (Galekhondabi, et al., 2021)

### 2.5.2 Spektrofotometer Uv-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan suatu instrumen metode analisa yang digunakan untuk menentukan konsentrasi sampel dalam larutan berdasarkan pada serapan gelombang elektromagnetik berupa intensitas sinar ultraviolet (200-400

nm) dan cahaya tampak (400-800 nm) yang diserap oleh sampel (Sugesti, 2018). Pengukuran dengan spektrofotometri UV-Vis harus berupa larutan yang jernih dan homogen (Adventini, et al., 2009). Dalam penelitian ini, spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk menentukan kadar bahan organik dalam air gambut.

Prinsip kerja spektrofotometri UV-Vis pada umumnya adalah cahaya monokromatik yang melalui suatu sampel atau media (larutan), maka sebagian cahaya akan diserap ( $I$ ), sebagian lagi di pantulkan ( $I_r$ ) dan sebagian dipancarkan ( $I_t$ ) (Yanlinastuti & Fatimah, 2016). Prinsip kerja alat ini berdasarkan Hukum Lambert Beer yang menyatakan tentang hubungan linearitas antara absorbansi dengan konsentrasi (Dachriyanus, 2004).

$$A = \epsilon b C \quad (6)$$

dimana,  $A$  = Absorbansi (nm)

$\epsilon$  = koefisien ekstingsi molar ( $M^{-1}cm^{-1}$ )

$b$  = Tebal kuvet (cm)

$C$  = Konsentrasi (M)