

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai beberapa hal yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan diantaranya TKKS, beberapa komponen yang ada dalam TKKS, adsorpsi, isoterm adsorpsi, logam tembaga(II), prinsip serta cara kerja dari instrumentasi yang digunakan untuk menganalisis sampel.

2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Kelapa sawit masuk ke Indonesia pada tahun 1848 tepatnya pada bulan Februari, oleh D.T Pryce. Dimana, 4 bibit tanaman sawit dari Amsterdam dan Borbon ditanam di kebun raya Bogor. Pada tahun 1953, J.E Jeysman mendistribusikan kelapa sawit ke daerah Jawa, Madura, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Nusa Tenggara Barat [15].

Pertumbuhan dan produksi kelapa sawit yang optimal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti iklim, jenis bibit, jenis tanah, dan teknologi yang digunakan. Diperkirakan sebanyak 1600 buah dihasilkan dari satu pohon kelapa sawit normal dimana setiap tahunnya dihasilkan 20 – 22 tandan buah segar dari satu pohon kelapa sawit normal yang dikalkulasikan akan mencapai 4 – 5 ton kelapa sawit [15].

Indonesia merupakan Negara dengan luas kelapa sawit terbesar dan produksi kelapa sawit tertinggi. Pada tahun 2017 Indonesia memiliki luas area kelapa sawit sebesar 14,05 juta ha dan produksi kelapa sawit mencapai 37,97 juta ton [2]. Dikarenakan harga minyak kelapa sawit di pasar dunia selalu meningkat, maka dapat dipastikan area dan produksi kelapa sawit di Indonesiapun akan terus mengalami peningkatan. Selain itu, dapat dimungkinkan limbah kelapa sawitpun akan meningkat setiap tahunnya. Beberapa limbah yang dihasilkan dari proses produksi kelapa sawit diantaranya daun, pelapah, sabut, cangkang, TKKS, dan juga limbah cair setelah proses produksi.

Salah satu limbah yang dihasilkan dari kelapa sawit adalah TKKS. TKKS (**Gambar II.1**) merupakan salah satu limbah padat yang paling banyak dihasilkan dari industri sawit sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Dari satu ton Tandan Buah Segar (TBS) yang diolah akan dihasilkan minyak sawit kasar (CPO) sebanyak 0,21 ton (21%) serta minyak inti sawit sebanyak 0,05 ton (5%) dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan buah kosong, serat dan cangkang biji yang

jumlahnya masing-masing sekitar 23%, 13,5% dan 5,5% dari tandan buah segar [16].



Gambar II.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) [17]

Seperti pada kayu atau tanaman lainnya, TKKS juga mengandung unsur kimiawi seperti selulosa, lignin dan hemiselulosa, selain itu terdapat juga lemak dan protein. Dimana, dengan adanya beberapa komponen kimiawi pada TKKS memungkinkan dapat dimanfaatkan menjadi limbah yang memiliki nilai guna. Komponen kimia TKKS dapat dilihat pada **Tabel II.1**

Tabel II.1 Komponen Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) [18]

Parameter	Kandungan (%)
Selulosa	45,95
Hemiselulosa	22,84
Lignin	16,49
Lemak	5,35
Protein	4,45

TKKS banyak dijumpai di sekitar pabrik kelapa sawit, merupakan limbah kelapa sawit yang memiliki kandungan kimiawi yang belum dimanfaatkan secara efektif. TKKS baru dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk organik, dan banyak dibuang di jalan-jalan di daerah perkebunan kelapa sawit [4]. Oleh karena termasuk kedalam limbah lignoselulosa, dan memiliki kandungan bahan organik dan mineral yang cukup tinggi, TKKS

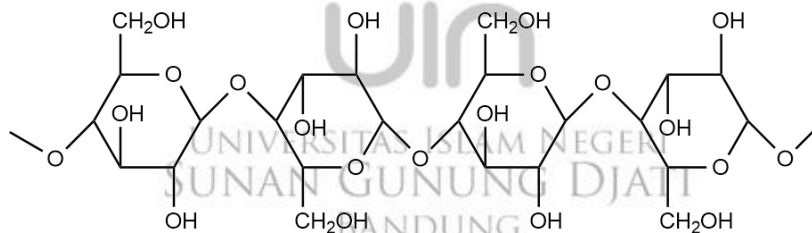
dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku oleh beberapa industri seperti industri kertas dan industri lainnya.

2.2 Komponen Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

TKKS termasuk ke dalam limbah lignoselulosa. Sebagai sumber daya terbarukan dan ramah lingkungan, lignoselulosa merupakan biomassa yang banyak digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan suatu bahan bakar sehingga menambah nilai tambah pada limbah. Lignoselulosa terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

2.4.1 Selulosa

Selulosa merupakan biopolimer organik paling melimpah dan muncul secara alami sebagai komponen utama tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme lainnya. Pada dasarnya, selulosa merupakan komponen utama yang memberikan kekuatan dan stabilitas dalam dinding sel tanaman. Selulosa terdiri dari rantai linear unit D-anhidroglukosa ($C_6H_{10}O_5$) yang dihubungkan bersama oleh β -(1-4) ikatan glikosidik membentuk selulosa [19]. Monomer dari selulosa adalah D-glukosa, dimana dalam satu molekul selulosa terdiri dari 14,000 monomer D-glukosa [20]. Struktur selulosa dapat dilihat pada **Gambar II.2**.

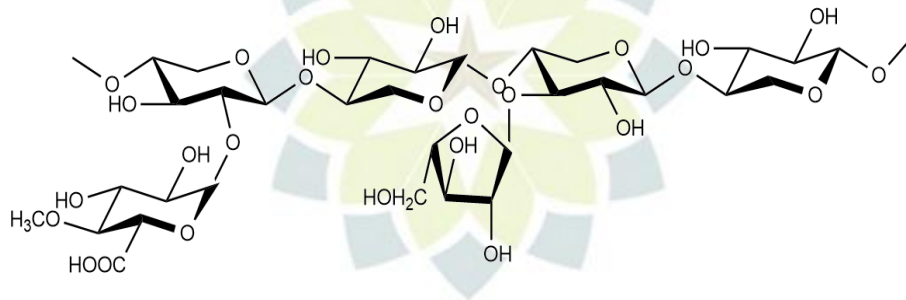


Gambar II.2 Struktur Selulosa [21]

Selulosa tidak larut dalam air juga asam pada suhu rendah. Pada suhu diatas 180 °C selulosa dapat mengalami perubahan struktur yang berbeda dari struktur aslinya, dan dengan penambahan konsentrasi larutan pemasak diatas 17% dapat terjadinya degradasi selulosa menjadi senyawa yang lebih sederhana. Oleh karena selulosa memiliki banyak manfaat, maka selulosa berpotensi besar untuk dijadikan bahan baku dalam berbagai industri seperti industri kertas, katun, rayon atau pakaian, nitroselulosa untuk bahan peledak, biopelastik dan lain-lain.

2.4.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah polisakarida terbanyak setelah selulosa yang ditemukan pada tumbuhan terbentuk dari 25 – 30% total berat kering kayu. Hemiselulosa merupakan polisakarida dengan berat molekul lebih rendah dari selulosa dan terdiri dari pentosa (xilosa, arabinosa); heksosa (manosa, glukosa, galaktosa); dan asam gula. Pada tumbuhan, selulosa, hemiselulosa dan lignin berikatan kuat melalui ikatan kovalen membentuk dinding sel tanaman. Komponen utama hemiselulosa kayu keras adalah xylan, sedangkan pada hemiselulosa kayu lunak adalah glukomanan. Xilan merupakan polimer dari $\beta(1-4)$ D-xylopiranosa (xilosa) dengan ikatan β -1,4- glikosida atau β -1,3- glikosida [22]. Struktur selulosa dapat dilihat pada **Gambar II.3**.



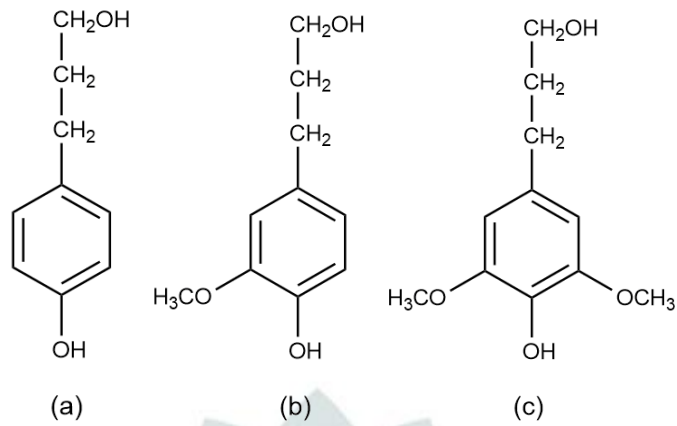
Gambar II.3 Struktur Hemiselulosa [21]

Perbedaan utama hemiselulosa dengan selulosa adalah bahwa hemiselulosa memiliki cabang dengan rantai pendek yang terdiri dari gula yang berbeda yaitu gula dengan cincin pentosa dan heksosa. Sedangkan selulosa merupakan polimer dengan rantai lurus tidak bercabang dan terdiri dari satu gula yaitu glukosa.

2.4.3 Lignin

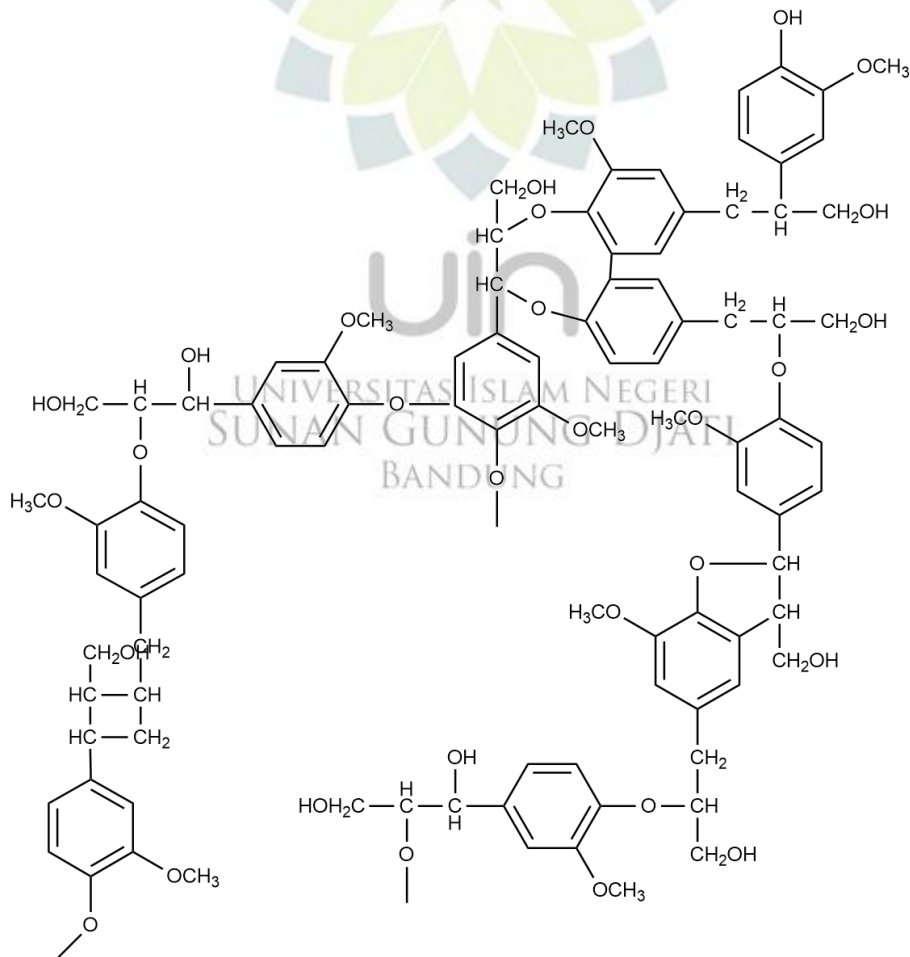
Lignin berasal dari bahasa Latin yaitu *lignum* yang artinya adalah kayu. Senyawa lignin merupakan senyawa polimer aromatik yang memiliki bobot molekul yang tinggi dengan unit dasar fenilpropana seperti pada **Gambar II.4** yaitu kumaril alkohol, koniferil alkohol (guaiasil) dan sinapil alkohol (siringil). Kumaril alkohol adalah komponen utama lignin kayu lunak, sedangkan guaiasil dan siringil alkohol adalah komponen utama kayu keras. Hasil akhir dari polimerisasi ini adalah struktur heterogen yang unit dasarnya dihubungkan dengan ikatan –

ikatan karbon (C–C) dan eter (C–O–C) yang relatif stabil [22]. Struktur lignin dapat dilihat pada **Gambar II.5**.



Gambar II.4 Unit-unit Penyusun Lignin [16]

Kumaril Alkohol (a), Koniferil Alkohol (Guaiasil) (b), dan Sinapil Alkohol (Siringil) (c).



Gambar II.5 Struktur Lignin [16]

Hampir semua tanaman mengandung lignin. Berikut beberapa kandungan lignin dalam beberapa tanaman dapat dilihat dalam **Tabel II.2**.

Tabel II.2 Kandungan Lignin dalam Beberapa Tanaman [11]

Tanaman Lignoselulosa	Lignin (%)
Sekam padi	19,3
Batang jerami	6,3 – 9,8
Bongkol jagung	15,0
Serat jagung	8,4
Batang jagung	17,5
Jerami jagung	11,0
Pohon cemara	18,0
Rumput	10,0 – 30,0
Koran	18,0 – 30,0
Kulit kacang	30,0 – 40,0
Kertas	0,0 – 15,0
Pangkas pohon zaitun	16,2
Kayu pinus	27,7
Daun maple merah	29,1
Tebu	10,7
Ampas tebu	11,4
Jerami gandum	17,0

Secara fisik lignin berwujud amorf (tidak berbentuk), berwarna kuning cerah. Lignin tidak larut dalam air, dalam larutan asam dan larutan hidrokarbon. Karena lignin tidak larut dalam asam, maka sifat ini sering digunakan untuk uji kuantitatif lignin dengan cara mengendapkannya menggunakan asam pada konsentrasi tertentu. Lignin tidak dapat mencair, tetapi akan melunak dan kemudian menjadi hangus bila dipanaskan [22].

Lignin sebagai polimer organik tersusun dari rantai aromatik yaitu gabungan dari beberapa senyawa yang tersusun dari unsur karbon, hidrogen, dan oksigen. Kandungan atom C dan H pada lignin lebih tinggi dari selulosa dan hemiselulosa, namun kandungan atom O nya lebih rendah. Karakteristik kimia lignin dapat

diperoleh dengan analisis unsur dan penentuan gugus metoksil. Karakteristik lebih lanjut dapat dilakukan dengan menentukan gugus fungsional lignin seperti gugus fenolat, hidroksil, cincin aromatik, eter, cincin guaiasil, dan cincin siringil. Selain itu, komponen-komponen non lignin diperhitungkan dengan cara penentuan kadar abu, kadar air dan lain sebagainya.

Lignin dapat digunakan sebagai bahan bakar, produk polimer dan sumber bahan-bahan kimia berberat molekul rendah. Beberapa bahan kimia berberat molekul rendah yang dapat dihasilkan dari lignin adalah vanilin, aldehida, asam vanilat, fenol, asam karbonat, benzena dan sebagainya. Lignin juga merupakan bahan mentah yang sangat baik untuk pembuatan serat sintetik seperti nilon, juga bahan farmasi dan pewarna yang baik. Mengingat lignin memiliki banyak manfaat, maka lignin berpotensi besar jika diaplikasikan dalam berbagai industri.

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa terakumulasinya partikel pada permukaan, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara zat yang mengadsorpsi (adsorben) dengan zat yang teradsorpsi (adsorbat). Adsorben yang digunakan untuk menyerap suatu ion atau partikel seperti silika gel, alumina, platina halus, selulosa, dan arang aktif. Adsorbat dapat berupa zat padat, cair, dan gas [23]. Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu:

a. Adsorpsi fisika (fisisorpsi)

Pada adsorpsi fisika melibatkan gaya antara molekul adsorbat dan adsorben yang bersifat lemah diantaranya yaitu gaya Van der Waals dan ikatan hidrogen. Oleh karena itu, zat yang diadsorpsi bersifat reversibel, sehingga relatif mudah dilepaskan dan memungkinkan terjadinya desorpsi.

b. Adsorpsi kimia (kimisorpsi)

Adsorpsi kimia yaitu reaksi yang terjadi antara adsorben dan adsorbat melibatkan ikatan kovalen yang merupakan penggunaan pasangan elektron secara bersama atau ikatan ion. Ikatan kimia yang terjadi pada kemisorpsi sangat kuat mengikat molekul gas atau cairan dengan permukaan padatan sehingga sangat sulit untuk dilepaskan kembali.

Perbedaan antara adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika dapat dilihat pada **Tabel II.3.**



Tabel II.3 Perbedaan Fisisorpsi dan Kimisorpsi [23]

Fisisorpsi	Kimisorpsi
Disebabkan oleh kekuatan antarmolekul Van Der Waals	Disebabkan oleh pembentukan ikatan kimia
Panas adsorpsi kecil (sekitar 5 kJmol ⁻¹)	Panas adsorpsi besar (sekitar 20 - 100 kJmol ⁻¹)
Reversible	Irreversible
Pada suhu rendah cepat, dan lambat seiring meningkatnya suhu	Meningkat seiring meningkatnya suhu
Adsorpsi multilayer	Adsorpsi monolayer

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu [24].

1. Macam-macam adsorben

- a. Adsorben polar: adsorben polar mempunyai daya adsorpsi yang besar terhadap asam karboksilat, alkohol, alumina, keton, dan aldehida. Contoh adsorben polar yaitu silika gel, alumina aktif, dan zeolit.
- b. Adsorben non polar: adsorben non polar mempunyai daya adsorpsi yang besar terhadap amin dan senyawa yang bersifat basa. Contohnya seperti adsorben polimer dan karbon aktif.

2. Macam-macam adsorbat

Adsorbat yang bersifat elektrolit akan menyebabkan proses adsorpsi lebih cepat dan zat yang teradsorpsi lebih banyak dibandingkan larutan atau adsorbat yang bersifat non elektrolit. Hal ini disebabkan karena larutan elektrolit terionisasi sehingga di dalam larutan terdapat ion-ion yang bermuatan berlawanan yang menyebabkan gaya tarik menarik Van der Waals semakin besar, sehingga daya adsorpsi akan semakin besar pula.

3. Luas permukaan adsorben

Semakin besar luas permukaan adsorben (ukuran adsorben semakin kecil) maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi sebab semakin banyak pula situs-situs aktif yang tersedia pada adsorben untuk kontak dengan adsorbat. Hal ini menyebabkan bagian yang semula tidak berfungsi sebagai permukaan (bagian dalam) setelah dilakukan pengecilan ukuran

akan berfungsi sebagai permukaan. Luas permukaan sebanding dengan jumlah situs aktif adsorben.

4. Ukuran molekul adsorbat

Molekul yang besar akan lebih mudah teradsorpsi daripada molekul yang kecil. Tetapi, pada difusi pori molekul-molekul yang besar akan mengalami kesulitan untuk teradsorpsi akibat konfigurasi molekul yang tidak mendukung sehingga adanya batas ukuran molekul adsorpsi tertentu pada setiap adsorpsi.

5. Konsentrasi adsorbat

Konsentrasi adsorbat yang tinggi akan menghasilkan daya dorong (*driving force*) yang tinggi bagi molekul adsorbat untuk masuk ke dalam situs aktif adsorben.

6. Tekanan

Jika tekanan diperbesar maka molekul-molekul adsorbat akan lebih cepat teradsorpsi, akibatnya jumlah adsorbat yang terserap akan bertambah banyak. Jadi, tekanan akan memperbesar jumlah zat yang teradsorpsi.

7. Suhu

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat dimana pori-pori adsorben akan lebih terbuka. Akan tetapi pemanasan yang terlalu tinggi akan menyebabkan kerusakan terhadap adsorben sehingga daya serapnya akan menurun.

8. pH

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi. pH rendah akan menyebabkan terionisasinya ion H^+ dalam larutan sehingga akan menghambat proses adsorpsi, sedangkan pH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ion logam dalam larutan mengendap menjadi endapan hidroksida.

9. Waktu kontak

Waktu kontak yang relatif lama akan memberikan kesempatan lebih lama terhadap adsorben untuk berinteraksi dengan adsorbat. Waktu kontak

yang menghasilkan kapasitas optimum akan terjadi pada waktu kesetimbangan.

10. Daya larut terhadap adsorben

Jika daya larut adsorben di dalam adsorbat tinggi maka proses adsorpsi akan terhambat karena gaya untuk melarutkan zat terlarut berlawanan dengan gaya tarik adsorben terhadap adsorbat.

11. Koadsorpsi

Suatu adsorben yang telah mengadsorpsi suatu zat akan mempunyai daya adsorpsi yang tinggi terhadap adsorbat tertentu daripada daya adsorpsi awal.

12. Pengadukan

Semakin cepat pengadukan maka molekul-molekul adsorbat dan adsorben akan saling bertumbukkan sehingga dapat mempercepat proses adsorpsi. Akan tetapi jika pengadukan terlalu cepat dapat pula menyebabkan struktur adsorben menjadi rusak, sehingga proses adsorpsi kurang maksimal.

Efisiensi penyerapan ion logam tembaga oleh lignin dari TKKS dihitung sebagai persen (%) penyerapan dengan rumus:

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

C_1 : Konsentrasi awal larutan ion logam tembaga(II) (mg.L^{-1})

C_2 : Konsentrasi akhir larutan ion logam tembaga(II) setelah proses adsorpsi dengan lignin (mg.L^{-1})

Kadar logam tembaga(II) yang teradsorpsi oleh lignin dihitung dari perbedaan kadar tembaga awal yang diinteraksikan pada lignin dan kadar tembaga pada filtrat yang diinteraksikan dengan lignin, dengan menggunakan rumus:

$$Q = \frac{(C_1 - C_2) \times V}{W} \quad (2)$$

Keterangan:

Q : Kadar tembaga(II) yang teradsorpsi (mg) oleh lignin (g)

V : Volume larutan (L)

W : Berat adsorben yang digunakan (g)

2.4 Isoterm Adsorpsi

Semua Bagian terpenting dari proses adsorpsi adalah kesetimbangan dan kinetika, dimana hubungan antara partikel yang terserap (adsorbat) dengan penyerapannya (adsorben) digambarkan dengan isoterm adsorpsi. Hal tersebut merupakan gambaran keadaan setimbang antara konsentrasi zat terlarut yang terserap pada permukaan padatan dengan jumlah penyerap pada suhu tetap. Isoterm adsorpsi digunakan untuk karakterisasi dan persamaan antara jumlah adsorbat yang terakumulasi dalam adsorben dengan konsentrasi tertentu adsorbat. Isoterm adsorpsi Langmuir dan isoterm adsorpsi Freundlich adalah dua persamaan isotermis yang sering dipakai [25].

2.4.1 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Model isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa 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 [23]. Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir tersebut ditulis dalam bentuk persamaan linear yaitu sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{\theta} = \frac{1}{k} + C_e \quad (3)$$

Keterangan:

- C_e : konsentrasi tembaga(II) pada keadaan setimbang (mol)
- θ : Efisiensi Adsorpsi (%)
- k : Konstanta Kesetimbangan

2.4.2 Isoterm Adsorpsi Freundlich

Model isoterm Freundlich menjelaskan bahwa proses adsorpsi pada bagian permukaan adalah heterogen dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi. Model isoterm Freundlich menunjukkan lapisan adsorbat yang terbentuk pada permukaan adsorben adalah *multilayer* dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben, persamaan isoterm adsorpsi Freundlich dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Log } Q_e = \text{log } k + (1/n) \text{ log } C_e \quad (4)$$

Keterangan:

Q_e : kapasitas adsorpsi (mg.g^{-1})

C_e : konsentrasi tembaga(II) pada keadaan setimbang (mg.L^{-1})

k : kapasitas atau daya adsorpsi maksimum (mg.g^{-1})

n : parameter afinitas atau konstanta Freundlich

Isoterm Freundlich tidak mampu memperkirakan adanya sisi-sisi pada permukaan yang mampu mencegah adsorpsi pada saat kesetimbangan tercapai dan hanya ada beberapa sisi aktif saja yang mampu mengadsorpsi molekul terlarut [23].

2.5 Logam Tembaga(II)

Logam merupakan toksikan yang unik. Logam ditemukan dan menetap di alam, tetapi bentuk kimianya dapat berubah akibat pengaruh fisikokimia, biologis, atau akibat aktivitas manusia. Logam adalah unsur alam yang dapat diperoleh dari laut, erosi batuan tambang, vulkanisme dan sebagainya. Umumnya logam-logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, sangat jarang ditemukan dalam elemen tunggal. Unsur ini dalam kondisi suhu kamar tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair, misalnya merkuri (Hg) [26]. Dalam badan perairan, logam pada umumnya berada dalam bentuk ion-ion, baik sebagai pasangan ion ataupun dalam bentuk ion-ion tunggal. Sedangkan pada lapisan atmosfer, logam ditemukan dalam bentuk partikulat, dimana unsur-unsur logam tersebut ikut berterbangan dengan debu-debu yang ada di atmosfer [27].

Logam tembaga merupakan suatu unsur kimia pada golongan logam transisi dalam sistem periodik unsur. Tembaga memiliki nomor atom 29 dan nomor massa $63,54 \text{ g.mol}^{-1}$, merupakan unsur logam dengan warna kemerahan. Selain sebagai konduktor pada panas dan listrik yang baik, tembaga juga memiliki sifat korosi yang sangat cepat. Unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral.

Sebagai logam berat, tembaga digolongkan sebagai logam berat esensial artinya meskipun tembaga sebagai logam berat beracun, tembaga sangat dibutuhkan tubuh meski dalam jumlah yang sedikit. Toksisitas tembaga baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi [28].

Keberadaan logam tembaga di lingkungan diharapkan tidak ada, sedangkan batas maksimal yang diperbolehkan adalah 1 mg.L^{-1} , tembaga bersifat racun terhadap semua tumbuhan pada konsentrasi larutan di atas $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, konsentrasi yang mana bagi air minum manusia tidak lebih dari 1 mg.L^{-1} . Tembaga pada limbah industri biasanya berada dalam bentuk ion bervalensi [28].

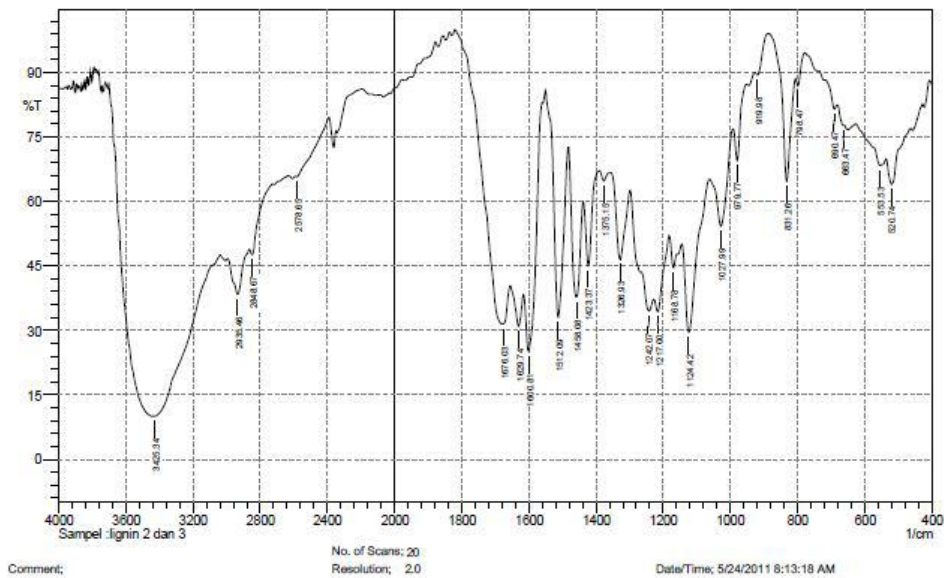
Keracunan logam berat bersifat kronis dan dampaknya baru bisa terlihat setelah beberapa tahun. Pada manusia efek keracunan utama yang ditimbulkan akibat terpapar oleh debu atau uap logam tembaga adalah terjadinya gangguan pada jalur pernafasan sebelah atas dan terjadinya kerusakan atropik pada selaput lendir yang berhubungan dengan hidung.

2.6 Instrumentasi

2.6.1 *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektrofotometer *Infrared* (IR) 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. Spektrofotometer IR mampu menganalisa suatu material baik secara keseluruhan, lapisan tipis, cairan, padatan, pasta, serbuk, serat, dan bentuk yang lainnya dari suatu material. Spektrofotometer IR tidak hanya mempunyai kemampuan untuk analisa kualitatif, namun juga bisa untuk analisa kuantitatif [12]. Spektrum IR lignin dapat dilihat pada **Gambar II.6**.

Radiasi IR tidak memiliki cukup energi untuk menyebabkan transisi elektronik. Bila radiasi IR dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul akan menyerap energi sehingga terjadi vibrasi. Panjang gelombang serapan oleh suatu ikatan bergantung pada jenis getaran ikatan antar atom. Oleh karena itu, tipe ikatan yang berlainan akan menyerap radiasi IR pada panjang gelombang berbeda. Vibrasi yang terjadi meliputi vibrasi ulur dan tekuk [29]. Beberapa serapan IR gugus fungsi senyawa organik dapat dilihat pada **Tabel II.4**.

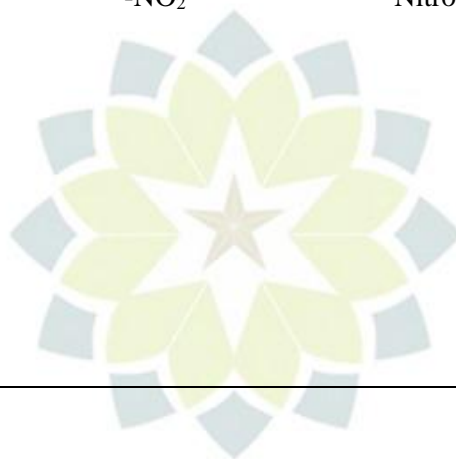


Gambar II.6 Spektrum IR Lignin

Tabel II.4 Serapan Inframerah Beberapa Gugus Fungsi Senyawa Organik

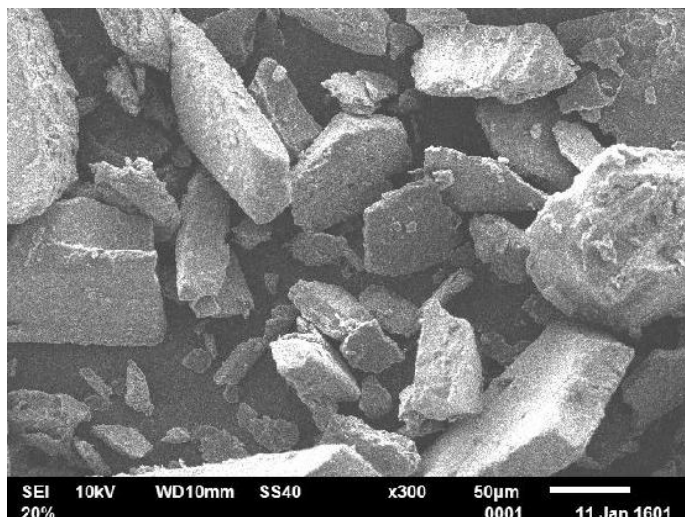
Daerah serapan (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Nama Gugus Fungsi
2850 – 2960	C – H	Alkana
1350 – 1470		
3020 – 3080	C – H	Alkena
675 – 870		
3000 – 3100	C – H	Aromatik
675 – 870		
3300	C – H	Alkuna
1640 – 1680	C = C	Alkena
1500 – 1600	C = C	Aromatik (cincin)
1080 – 1300	C – O	Alkohol
		Eter
		Asam karboksilat
		Ester
1690 – 1760	C = O	Aldehida
		Keton
		Asam karboksilat

		Ester
3610 – 3640	O – H	Alkohol Fenol (monomer)
2000 – 3600	O – H	Alkohol Fenol (ikatan hidrogen)
3000 – 3600	O – H	Asam karboksilat
3310 – 3500	N – H	Amina
1180 – 1360	C – N	Amina
1515 – 1560	-NO ₂	Nitro
1345 – 1385		



2.6.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Untuk mengetahui karakteristik material yang heterogen pada permukaan bahan pada skala mikrometer atau bahkan submikrometer serta menentukan komposisi unsur dalam sampel secara kualitatif maupun kuantitatif dapat dilakukan dengan satu perangkat alat SEM. Karakteristik bentuk, struktur, distribusi ukuran partikel, ukuran rata-rata, porositas dan luas permukaan bahan dapat diamati dengan menggunakan SEM [13].



Gambar II.7 SEM Lignin

Prinsip kerja SEM, dengan cara mengalirkan arus pada kawat filamen dengan perlakuan pemanasan, sehingga dihasilkan elektron. Elektron dikumpulkan dengan tegangan tinggi dan berkas elektron difokuskan dengan sederetan lensa elektromagnetik. Ketika berkas elektron mengenai target, informasi dikumpulkan melalui tabung sinar katoda yang mengatur intensitasnya. Setiap jumlah sinar yang dihasilkan dari tabung sinar katoda dihubungkan dengan jumlah target. Elektron kehilangan energi, karena terjadi ionisasi atom dari sampel padatan. Elektron bebas tersebar keluar dari aliran sinar utama, sehingga tercipta lebih banyak elektron bebas, dengan demikian energinya habis lalu terlepas. Elektron kemudian dialirkan ke unit demagnifikasi, dideteksi oleh detektor dan selanjutnya dicatat sebagai suatu foto [30].

2.6.3 Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

Aplikasi lignin sebagai adsorben logam tembaga(II) dianalisis menggunakan AAS. Pada analisis ini konsentrasi logam tembaga dalam larutan sebelum dan setelah teradsorpsi oleh lignin dapat diketahui, selain itu kapasitas dan efisiensi adsorpsipun dapat ditentukan. AAS dapat mengidentifikasi kandungan logam pada suatu sampel dengan menggunakan lampu katoda yang sesuai. AAS merupakan salah satu metode spektroskopi yang sangat cepat dalam analisisnya dan ketelitiannya untuk menentukan konsentrasi unsur logam sangat tinggi. AAS dapat

menentukan sampai 67 unsur, memerlukan lampu katoda (*hollow cathode*) dan kemonokromatisasi menjadi syarat utama.

Prinsip AAS adalah adsorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang tersebut mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik unsur bersifat spesifik dengan adsorpsi energi (memperoleh lebih banyak energi) suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi yang bermacam-macam dan diperoleh panjang gelombang yang dapat menghasilkan garis spektrum (garis resonansi) yang berasosiasi dengan tingkat energi molekul yang berupa pita-pita lebar.

