

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Air

Air merupakan sumber daya alam yang sangat diperlukan untuk semua makhluk hidup, oleh karena itu sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, air adalah semua air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, sedangkan pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas yang diinginkan sesuai fungsi peruntukannya untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya [10].

Kualitas air ialah sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat energi, atau komponen lain dalam air yang mencakup parameter fisik, kimia, dan biologis [11]. Kualitas air dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 dikelompokkan menjadi beberapa kelas menurut peruntukannya. Adapun kelas tersebut dibagi menjadi 4 kelas peruntukannya yaitu :

- a. Kelas I, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas II, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas III, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

- d. Kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut [10].

2.2 Air Limbah

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air tersebut menjadi limbah dikarenakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya [10].

Air limbah atau limbah cair adalah air yang telah digunakan manusia dalam berbagai aktivitasnya. Air limbah tersebut dapat berasal dari aktivitas rumah tangga, pertokoan, perkantoran, fasilitas umum, industri ataupun dari tempat-tempat lainnya. Air limbah yang tidak diolah terlebih dahulu dan dibuang secara terus menerus akan memberikan dampak negatif terhadap kesehatan lingkungan, baik pada daerah penghasil limbah maupun daerah diluarnya [12]. Beberapa dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah yaitu [13] :

- a. Gangguan terhadap kesehatan

Air limbah sangat berbahaya bagi manusia karena terdapat banyak bakteri patogen yang dapat menjadi media penular penyakit. Selain itu pada air limbah juga dapat mengandung bahan beracun, penyebab iritasi, bau, suhu yang tinggi serta bahan yang mudah terbakar.

- b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Banyak zat yang terkandung di dalam air limbah menyebabkan kadar oksigen terlarut dalam air akan menurun sehingga kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu. Temperatur limbah yang tinggi juga dapat menyebabkan kematian organisme air. Kematian bakteri akan menyebabkan penjernihan air limbah menjadi terhambat dan sukar diuraikan.

c. Gangguan terhadap keindahan

Limbah yang mengandung ampas, lemak, dan minyak akan menimbulkan bau, wilayah sekitar akan licin oleh minyak, tumpukan ampas yang mengganggu, dan gangguan pemandangan.

d. Gangguan terhadap benda

Air limbah yang mengandung gas CO_2 akan mempercepat proses terbentuknya karat pada benda yang terbuat dari besi dan bangunan. Kadar pH limbah yang terlalu rendah atau tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada benda yang dilaluinya. Lemak pada air limbah akan menyebabkan kerusakan materil karena biaya perawatan yang semakin besar.

Limbah cair lebih dikenal sebagai sampah, yang seringkali tidak dikehendaki kehadirannya karena tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah cair ini umumnya dibuang melalui saluran atau got menuju sungai maupun laut. Terkadang dalam perjalanannya menuju laut, limbah cair ini dapat mencemari sumber air bersih yang dipergunakan oleh manusia [14]. Dampak dari pencemaran air tersebut dapat mengakibatkan kerugian yang besar bagi makhluk hidup terutama manusia. Terdapat beberapa kerugian pencemaran air diantaranya ialah [15] :

1. Air tidak dapat digunakan lagi untuk keperluan rumah tangga.

Air yang telah tercemar membuat air tidak dapat digunakan lagi sebagai penunjang kehidupan manusia, terutama untuk keperluan rumah tangga, sehingga akan menimbulkan dampak sosial yang sangat luas dan akan memakan waktu lama untuk memulihkannya.

2. Air tidak dapat digunakan untuk keperluan industri

Jika terjadi pencemaran air yang mengakibatkan air tersebut tidak dapat digunakan untuk keperluan industri berarti usaha industri tersebut akan terganggu sehingga kebutuhan produksi tidak akan tercapai.

3. Air tidak dapat digunakan untuk keperluan pertanian.

Air tidak dapat digunakan lagi sebagai air irigasi, untuk pengairan di persawahan dan kolam perikanan karena adanya senyawa-senyawa anorganik yang mengakibatkan perubahan drastis pada pH air. Air yang bersifat terlalu basa atau terlalu asam akan mematikan tanaman dan hewan air. Selain itu banyak senyawa anorganik yang bersifat racun yang menyebabkan kematian.

Salah satu pencemaran kawasan perairan diakibatkan oleh kegiatan industri yang tidak dikelola sebagaimana mestinya dan dibuang langsung ke lingkungan sehingga menimbulkan perubahan warna, bau dan rasa pada air, juga terganggunya ekosistem perairan oleh zat kimia yang terkandung dalam limbah [16]. Dipandang dari jenis zat pencemar dan dampak yang ditimbulkannya pada lingkungan atau ekosistem perairan, limbah cair industri dapat digolongkan seperti **Tabel 2.1** [17].

Tabel 2.1 Penggolongan limbah industri ditinjau dari jenis zat pencemar dan dampak yang ditimbulkan.

Jenis zat pencemar	Dampak terhadap ekosistem
Zat padat terlarut	Menurunkan oksigen terlarut
Zat padat tersuspensi	Menimbulkan endapan, bau busuk, dan menurunkan kualitas air.
Nitrogen dan fosfor	Eutrofikasi
Minyak, lemak, dan benda terapung	Mengganggu penetrasi sinar matahari ke dalam air
Warna dan kekeruhan	Menurunkan kualitas air
Logam berat dan senyawa toksik	Merusak ekosistem air dan membahayakan kesehatan

Sumber : [17]

2.3 Zat Warna (*Dye*)

Zat warna atau dye merupakan suatu senyawa organik atau anorganik berwarna yang digunakan untuk memberi warna pada tekstil atau suatu makanan, minuman, obat-obatan, dan lain-lain [18]. Zat warna terdiri dari dua komponen utama, yaitu senyawa kromofor dan auksokrom. Kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat atau intensitas warna [19]. Zat organik tidak jenuh yang dijumpai dalam pembentukan zat warna ialah senyawa aromatik yaitu senyawa hidrokarbon aromatik, fenol, serta senyawa-senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen [20].

Zat warna yang umumnya digunakan terdiri dari dua macam, yaitu zat warna alami dan zat warna buatan atau sintetik. Zat warna alami adalah zat warna yang berasal

dari alam, baik yang berasal dari tanaman ataupun hewan. Zat warna alami yang sering digunakan sejak dahulu misalnya seperti kunyit untuk warna kuning dan daun pandan untuk warna hijau. Zat warna alami mulai banyak ditinggalkan sejak zat warna sintetis ditemukan. Hal ini disebabkan karena biaya produksi zat warna sintetis lebih murah, umumnya mempunyai jenis warna yang lebih banyak, serta kemampuan pewarnaan yang lebih baik [21].

Zat warna sintetis merupakan zat warna yang berasal dari batubara atau zat warna yang dihasilkan dari reaksi dua atau lebih senyawa kimia. Zat warna sintetis dalam perdagangan biasanya berupa serbuk yang larut dalam air dan dapat mewarnai bahan untuk tekstil, percetakan, dan lain-lain. Contoh zat warna sintetis antara lain *Rhodamin-B*, *ponceau*, *tartazine*, *magenta*, *carmine*, *carmoisine* dan lain-lain [21].

Menurut SNI 6989.80:2011 untuk menentukan warna air alam, air minum dan air limbah digunakan spektrofotometri untuk pengukuran warna sebenarnya (*true color*) yaitu warna dari contoh air yang telah disaring dengan kertas saring dan dinyatakan dalam satuan warna unit Pt-Co. Prinsip dari pengukuran tersebut yaitu warna dari larutan contoh uji ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 450 nm – 465 nm dengan menggunakan larutan standar Pt-Co.

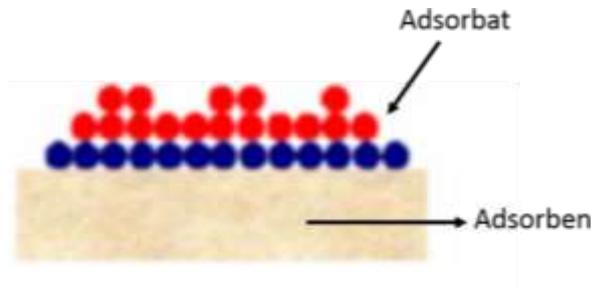
2.4 Adsorpsi

Adsorpsi atau penyerapan merupakan proses yang terjadi ketika suatu molekul dari fluida (cair ataupun gas), terikat pada suatu padatan (zat penyerap), dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film pada permukaannya [22]. Pada adsorpsi ada yang disebut adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap [23].

Berdasarkan interaksi molekular, proses adsorpsi dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu [14] :

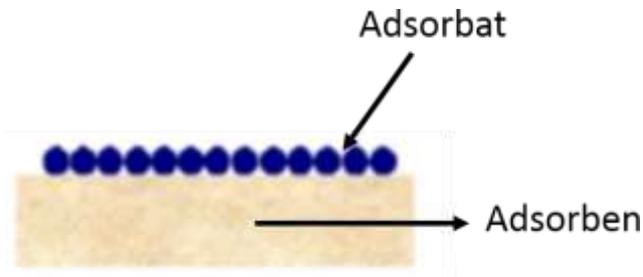
1. Adsorpsi Fisik, yaitu adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van Der Waals sehingga prosesnya terjadi secara bolak-balik (*reversible*) yaitu adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben mengakibatkan adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan kebagian permukaan

lainnya atau membentuk lapisan *multilayer* dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat yang satu dapat terisi oleh adsorbat lainnya. Mekanisme adsorpsi fisik dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Mekanisme Adsorpsi Multilayer [24].

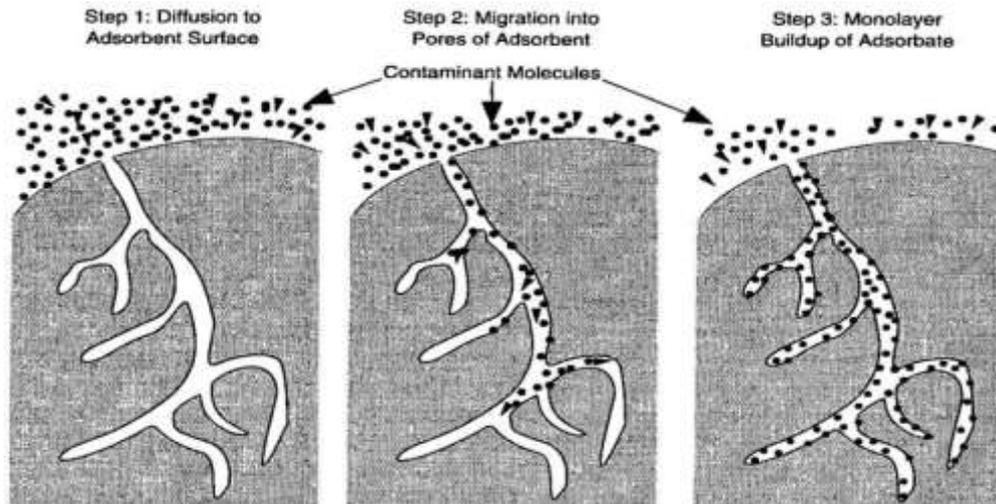
2. Adsorpsi Kimia, yaitu proses pengikatan antara adsorben dan adsorbat yang teradsorpsi yang mana terjadi ikatan kuat sehingga membentuk lapisan *monolayer* (**Gambar 2.2**). Proses ini membentuk lapisan molekul yang tebal dan *irreversible*. Sedangkan untuk dapat terjadinya peristiwa desorpsi dibutuhkan energi lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorben dan adsorbat.



Gambar 2.2 Mekanisme Adsorpsi Monolayer [24]

Mekanisme adsorpsi dapat diuraikan menjadi tiga tahapan (**Gambar 2.3**) yaitu [25] :

1. *Fase bulk transfer* yaitu perpindahan molekul yang akan diadsorp menuju ke permukaan partikel adsorben. Setelah itu akan terjadi film difusi yaitu difusi adsorbat melalui suatu lapisan *film* yang akan mengelilingi partikel adsorben.
2. *Difusi pori* yaitu molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan partikel adsorben menuju ke dalam pori adsorben.
3. Partikel menempel pada permukaan adsorben.



Gambar 2.3 Mekanisme Adsorpsi pada Padatan [25].

Dengan pemilihan adsorben yang cocok dapat menjadi teknik yang efektif untuk menghilangkan pewarna dari air limbah. Beberapa adsorben yang disarankan adalah gambut lumut, *fly ash*, karbon aktif, zeolit, kitosan, lignin, tanah liat, biomassa, *xanthate*, dan bahan kaktus. Tidak semua adsorben ekonomis untuk digunakan dalam pengolahan air limbah karena beberapa adsorben mahal dan sulit dipisahkan dari air limbah, meskipun kapasitas pengolahannya cukup tinggi [26].

2.4.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi antara lain [27] [28]:

1. Dosis Adsorben

Dosis adsorben akan mempengaruhi proses adsorpsi karena semakin tinggi dosis adsorben yang diberikan maka akan meningkatkan persen removal sampai batas tertentu dan setelahnya hampir mendekati konstan.

2. Konsentrasi adsorbat

Konsentrasi adsorbat akan sangat mempengaruhi proses adsorpsi yang terjadi, karena semakin besar atau tinggi konsentrasi adsorbat dalam larutan maka akan semakin rendah persen removalnya.

3. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul yang sesuai merupakan hal yang penting agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-

molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben.

4. Kemurnian adsorben

Sebagai zat yang digunakan untuk mengadsorpsi, maka adsorben yang lebih murni dan bebas dari zat pengotorlah yang lebih diinginkan karena memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

5. Waktu Kontak

Pengaruh waktu kontak pada proses adsorpsi memiliki kecenderungan yang hampir sama dengan dosis adsorben yaitu removal akan meningkat sampai batas tertentu dan setelahnya konstan atau akan mengakibatkan peristiwa desorpsi.

6. Kecepatan pengadukan

Kecepatan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Dimana kondisi kecepatan pengadukan yang terlalu cepat mengakibatkan struktur adsorben menjadi pecah sehingga proses adsorpsi menjadi tidak efektif. Adsorbat yang telah menempel dan membentuk flok nantinya akan kembali pecah karena besarnya kecepatan pengadukan.

7. Luas permukaan dan volume pori adsorben

Proses adsorpsi tergantung pada banyaknya ikatan yang terjadi antara partikel-partikel adsorbat dengan adsorben. Ikatan efektif antara partikel akan meningkat dengan meningkatnya luas permukaan dan volume pori adsorben. Dalam proses adsorpsi seringkali adsorben diberikan perlakuan awal seperti aktivasi untuk meningkatkan luas permukaannya, karena luas permukaan adsorben merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi.

8. Temperatur

Tingkat adsorpsi akan naik diikuti dengan kenaikan temperatur dan akan turun diikuti dengan penurunan temperatur.

9. pH

pH mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi pada rentang tertentu. Rentang pH optimum untuk mengurangi *Methylene Blue* menggunakan karbon aktif adalah 2-11, sedangkan untuk mengurangi *Acid Yellow 36* rentangnya adalah

2-9 [29]. pH optimum untuk mengurangi konsentrasi *Methylene Blue* pada limbah sintesis menggunakan adsorben sekam padi adalah 7 [30].

Salah satu cara mengetahui efisiensi proses adsorpsi adalah dengan menghitung persentase adsorpsi. Adapun rumus untuk mengetahui persentase adsorpsi dapat dilihat di bawah ini.

$$P_A = \left[\left(\frac{C_0 - C}{C_0} \right) \times 100\% \right] \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

PA : persentase adsorpsi (%)

Co : konsentrasi adsorbat pada t = 0 (mg/L)

C : konsentrasi adsorbat pada t = t (mg/L) [31].

2.4.2 Metode Adsorpsi

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu statis (*batch*) dan dinamis (kolom) [32] :

- a. Cara statis (*batch*) yaitu memasukan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah berisi adsorben, selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi. Komponen yang telah terikat pada adsorben dilepaskan kembali dengan melarutkan adsorben dalam pelarut tertentu dan volumenya lebih kecil dari volume larutan mula-mula.
- b. Cara dinamis (kolom) yaitu memasukan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah berisi adsorben, selanjutnya komponen yang telah terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (*efluen*) sesuai yang volumenya lebih kecil.

2.5 Cangkang Kelapa Sawit



Gambar 2.4 Cangkang Kelapa Sawit

Sumber : environment-indonesia.com

Cangkang kelapa sawit (**Gambar 2.4**) merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60 % dari produksi minyak. Cangkang kelapa sawit tersebut berwarna hitam berbentuk seperti batok kelapa dan agak bulat, terdapat pada bagian dalam pada buah kelapa sawit yang diselubungi oleh serabut dan dapat dijadikan sebagai bahan bakar pembangkit uap dan bahan pengeras jalan [33]. Bahan bakar cangkang kelapa sawit ini setelah mengalami proses pembakaran akan berubah menjadi abu yang memiliki ukuran partikel kecil [34].

Pada bahan bakar cangkang kelapa sawit ini terdapat berbagai kandungan didalamnya, disajikan pada **Tabel 2.2** berikut.

Tabel 2.2 Kandungan cangkang sawit

Kandungan	Jumlah
Kalium (K)	7,5 %
Natrium (Na)	1,1 %
Kalsium (Ca)	1,5 %
Klor (Cl)	2,8 %
Karbonat (CO ₃)	1,9 %
Nitrogen (N)	0,05 %
Posfat (P)	0,9 %
Silika (SiO ₃)	61 %

Sumber : Jurnal Sains dan Teknologi

2.6 Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu cangkang kelapa sawit merupakan hasil pembakaran dari limbah kelapa sawit yang berasal dari boiler dengan suhu di dalam sekitar 1000°C sampai 2000°C. Abu tersebut merupakan bahan anorganik sisa pembakaran biomassa dan terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran. *Fly ash* merupakan padatan dari sisa pembakaran yang terbawa bersama gas buang dan ditangkap oleh alat pengendali udara (*Electric Precipitator*) sebelum dibuang ke udara melalui cerobong yang berbentuk butiran halus padat berongga berwarna abu-abu keputihan [35]. Hasil pembakaran ini memiliki kandungan silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3), yang mana kandungan ini menjadikan *fly ash* dapat dijadikan sebagai asorben terutama dari kadar silikanya [36].

Abu terbang (*fly ash*) memiliki sifat-sifat sebagai berikut [35] :

a. Sifat pozolan

Sifat pozolan adalah sifat bahan dalam keadaan halus yang dapat bereaksi dengan kapur dan air pada suhu 24°C- 27°C sehingga membentuk senyawa yang padat tidak larut dalam air dan dapat bersifat sebagai pengikat. Kehalusan butiran abu terbang mempunyai pengaruh pada sifat pozolan, makin halus abu terbang maka akan makin baik sifat pozolannya.

b. Warna

Abu terbang mempunyai warna abu-abu, mulai dari abu-abu muda sampai abu-abu tua. Makin muda warnanya sifat pozzolannya makin baik. Sedangkan warna hitam yang sering timbul disebabkan karena adanya karbon yang dapat mempengaruhi mutu abu terbang.

c. Komposisi

Unsur pokok abu terbang adalah silikon dioksida SiO_2 (30% - 60%), aluminium oksida Al_2O_3 (15% - 30%), karbon yang tidak terbakar (bervariasi hingga 30%), kalsium oksida CaO (1% - 7%) dan sejumlah kecil magnesium oksida MgO dan sulfur trioksida SO_3 .

d. Kepadatan atau densitas

Kepadatan abu terbang bervariasi, tergantung pada besar butir dan hilang pijarnya. Biasanya berkisar antara 2,43 gr/cc sampai 3 gr/cc. Luas permukaan

spesifik rata-rata 225 m²/kg - 300m²/kg. Ukuran butiran yang kecil kadang-kadang terselip dalam butiran yang besar dan mempunyai fraksi lebih besar dari 300 µm.

e. Hilang pijar

Hilang pijar menentukan sifat pozolan abu terbang. Apabila hilang pijar 10% - 20% berarti kadar oksida kurang, sehingga daya ikatnya kurang, yang berarti sifat pozolannya kurang.

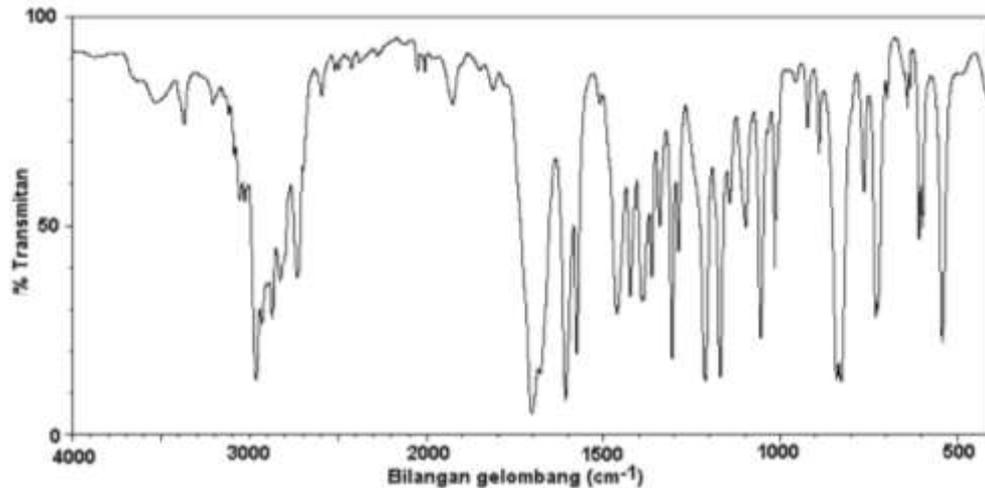
2.7 FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)



Gambar 2.5 Alat FTIR

Sumber: central-laboratory.um.ac.id

Spektroskopi inframerah atau FTIR yang ditunjukkan **Gambar 2.5** merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional atau ikatan kimia yang terkandung dalam sampel. Energi yang dihasilkan oleh radiasi inframerah ini akan menyebabkan vibrasi atau getaran pada molekul [37]. Spektrum yang dihasilkan berupa grafik yang menunjukkan persentase transmisi yang bervariasi pada setiap frekuensi radiasi inframerah, seperti **Gambar 2.6** berikut.



Gambar 2.6 Spektrum inframerah

Sumber: [37].

Identifikasi setiap absorpsi ikatan yang khas dari setiap gugus fungsi merupakan basis dari interpretasi spektrum inframerah yang memberikan daerah pita serapan. Beberapa daerah serapan yang digunakan pada interpretasi awal dari spektrum inframerah dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut.

Tabel 2.3 Daftar panjang gelombang dan gugus fungsi

Panjang gelombang (cm⁻¹)	Gugus fungsi
*3750-3000	O-H, N-H, C-H
1475-1300	C=O
1250-900	O-Si-O
750-650	Si-O, Al-O
420-600	Si-O

*Sumber: *[37 dan [38]*

2.8 XRD (*X-Ray Diffraction*)



Gambar 2.7 Alat XRD

Sumber: central-laboratory.um.ac.id

XRD atau *X-Ray Diffraction* **Gambar 2.7** adalah sebuah metode karakteristik material yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai fase kristal yang ada pada bahan padat dan bubuk [39]. Prinsip kerja XRD secara umum adalah XRD terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tabung sinar-X, tempat obyek sampel dan detektor sinar-X. Jika seberkas sinar-X ditembakkan pada sampel padatan kristalin, maka bidang kristal ini akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang yang sama dengan jarak kisi dalam kristal (memenuhi hukum Bragg). Hukum Bragg menyatakan bahwa pada suatu panjang gelombang elektromagnet (sinar-X) yang mengenai kisi kristal padatan baik koheren maupun inkoheren, akan mengalami difraksi kisi dengan sudut sebesar 2θ . Kemudian sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor, detektor selanjutnya akan mencatat puncak intensitas yang akan bersesuaian dengan orde pembiasan (orde- n) yang digunakan, yang kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik yaitu grafik difraktogram yang merupakan grafik hubungan antara intensitas (*cps*) dengan 2θ [40].

XRD dapat digunakan untuk beberapa hal yaitu [41] :

- a. Penentuan struktur kristal suatu material
- b. Mengukur bentuk, ukuran, dan tegangan dalam kristal kecil
- c. Analisis kuantitatif dari mineral
- d. Penentuan material baru, analisis struktural untuk riset material dll.

Pada dasarnya struktur zat padat dalam alam semesta ini dapat dibagi dua yaitu berstruktur kristal dan tidak berstruktur (*amorf*). Disebut kristal apabila atom-atom penyusunnya, ion-ion atau molekul zat padat tertata secara teratur dalam pola tiga dimensi yang berulang secara kontinu dan disebut *amorf* bila atom-atom penyusunnya tidak memiliki pola susunan tertentu seperti pada kristal. Keteraturan susunan tersebut terjadi karena kondisi geometris yang harus memenuhi adanya ikatan atom yang berarah dan susunan yang rapat [42].

2.9 Studi Terdahulu

Beberapa hasil penelitian terdahulu yang digunakan sebagai pembandingan dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut.

Tabel 2.4 Penelitian terdahulu.

Jenis Adsorben	Hasil Penelitian	Referensi
Sekam Padi	Dosis optimum untuk mengurangi konsentrasi <i>Methylene Blue</i> dalam air limbah adalah 12 g/L. Persen removal <i>Methylene Blue</i> pada dosis ini untuk limbah artifisial mencapai 91,1% (aktivasi fisika), 84% (aktivasi kimia), dan 88,6% (aktivasi kimiafisika), sedangkan untuk limbah asli persen removalnya 59,8%.	Gia Yulandani Triana. 2015. Pengaruh aktivasi dan dosis adsorben sekam padi untuk mengurangi konsentrasi <i>methylene blue</i> pada limbah cair industri tekstil. Surabaya: Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) [43].
<i>Fly Ash</i> Batubara	Dalam penggunaan adsorben terbaik untuk masing-masing logam, ion Cu(II) dapat teradsorpsi lebih banyak (9,2 mg Cu ²⁺ /g adsorben) dibandingkan ion Cr(VI) (5,6 mg Cr ⁶⁺ /g	Dr. Ir. Judy Retti B. Witono M.App.Sc dan Y.I.P. Arry Miryanti, Ir., M.Si. 2015. Pengembangan Adsorben Activated <i>fly ash</i> untuk Reduksi Ion Cu ²⁺ dan Cr ⁶⁺ dalam Limbah Cair Industri

Jenis Adsorben	Hasil Penelitian	Referensi
	adsorben). Adsorpsi ion Cr(VI) dengan adsorben terbaik mencapai keadaan konstan pada waktu 60 menit dengan waktu adsorpsi terbaik pada 120 menit.	Tekstil. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan [44].
<i>Fly Ash</i> Batubara	Secara keseluruhan dari hasil sintesis abu layang menjadi material mirip zeolit telah berhasil dilakukan, hal ini terlihat dengan adanya peningkatan sifat fisikakimiawi mineral abu layang Hasil karakteristik abu layang pada uji coba terlihat mempunyai kemampuan adsorpsi dalam mengurangi konsentrasi zat warna tekstil. Karakteristik abu layang yang digunakan untuk penjerapan zat warna <i>rhodamine-B</i> dan methylen blue dapat dilakukan dengan baik. Efektivitas waktu yang digunakan berkisar pada menit ke 10 setelah adsorpsi dilakukan.	Bachrun Sutrisno,dkk. 2014. Modifikasi Limbah Abu Layang menjadi Adsorben untuk Mengurangi Limbah Zat Warna pada Industri Tekstil. Yogyakarta: Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia [45].