

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair**

Limbah cair yaitu limbah berwujud cair yang dihasilkan dari kegiatan industri, yang tidak digunakan lagi kemudian dibuang ke lingkungan, dan mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas lingkungan [11]. Limbah cair memiliki tiga sifat yaitu, sifat fisik, kimia, dan biologi. Sifat fisik pada air limbah ditentukan oleh zat pencemar yang ada pada limbah memberikan perubahan fisik pada air limbah. Perubahan fisik tersebut yaitu suhu, kekeruhan, warna dan bau yang disebabkan oleh adanya bahan tersuspensi dan terlarut pada limbah [12].

Limbah air biasanya dibedakan menjadi dua yaitu *grey water* atau *black water*, warna limbah *grey water* disebabkan oleh campuran berbagai zat organik dan anorganik. Sedangkan warna limbah *black water* disebabkan air limbah yang tercampur dengan sampah bahan makanan, urin, dan feses. Limbah cair memiliki bau yang bermacam-macam. Limbah *grey water* umumnya memiliki bau yang tengik sedangkan pada *black water* berbau busuk dikarenakan adanya proses penguraian urin dan kotoran di air limbah. Untuk air limbah industri memiliki bau khas yang berbeda dari air limbah lainnya. Kekeruhan pada limbah *grey water* dipengaruhi oleh padatan terlarut dan padatan tersuspensi yang terkandung. *Grey water* umumnya memiliki tingkat kekeruhan yang lebih rendah dibandingkan dengan limbah *black water* dan air limbah industri [13].

Sifat kimia air limbah dipengaruhi berbagai macam senyawa organik dan anorganik, sehingga mempengaruhi parameter kimia dalam air limbah seperti pH, BOD<sub>5</sub>, COD, fosfor, nitrogen, dan klorida. Sifat Biologi air limbah yaitu berbagai jenis organisme yang berkembangbiak tergantung pada kandungan bahan organik dalam limbah sebagai bahan makanan. Jenis – jenis organisme yaitu bakteri, jamur, virus [13].

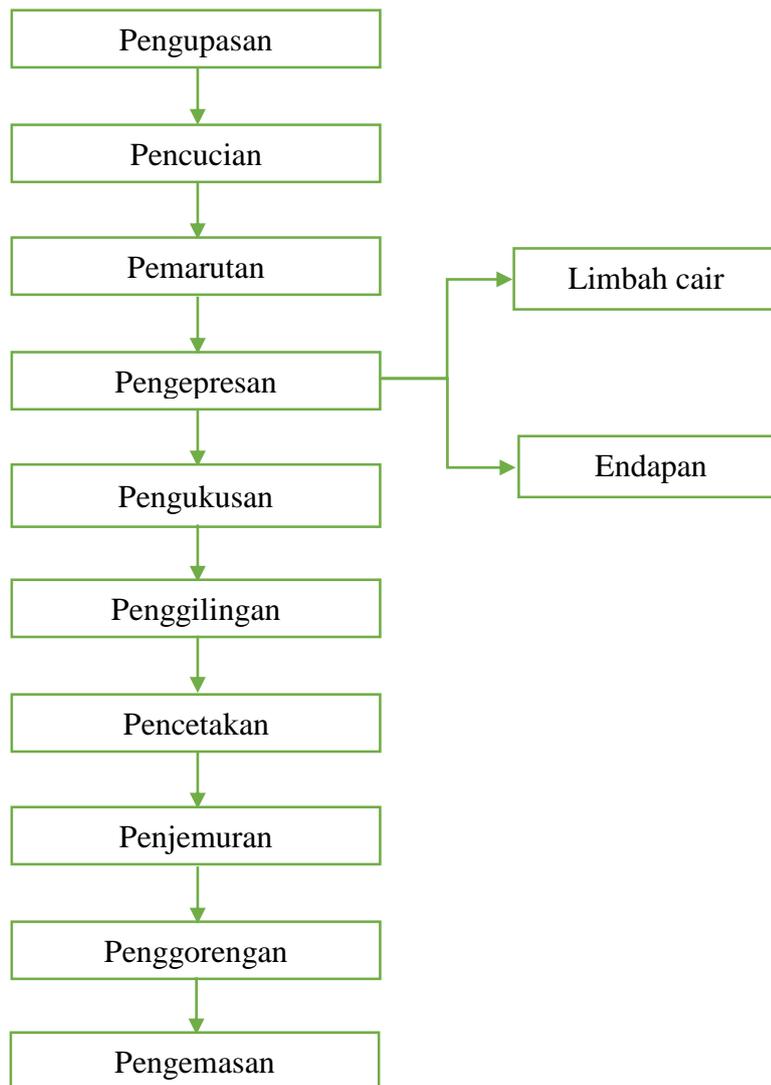
#### **2.2 Klanting**

Klanting adalah jajanan ringan yang cocok sebagai camilan atau pelengkap lauk pauk. Biasanya klanting berbentuk lingkaran seperti angka 0 atau 8. Klanting

merupakan salah satu makanan khas Lampung. Banyak produsen kecil hingga menengah yang memproduksi jajanan ini terutama di desa Karangrejo, Kecamatan Negeri Katon, Kabupaten Pesawaran [2].

### 2.2.1 Proses Pembuatan Klanting

Berikut merupakan proses pembuatan klanting di Desa Karangrejo, Pesawaran.



Gambar 2.1. Diagram Alir Pembuatan Klanting [14]

1. Pengupasan, dilakukan untuk memisahkan kulit singkong dari daging singkong dengan cara dikupas menggunakan pisau.
2. Pencucian, singkong yang sudah dikupas dicuci hingga bersih, pencucian ini dilakukan untuk menghilangkan kotoran pada daging singkong yang menempel.

3. Pamarutan, singkong yang telah dicuci bersih, dimasukkan kedalam mesin parut. Pamarutan ini bertujuan untuk menghaluskan daging singkong.
4. Pengepresan, singkong yang telah diparut dimasukkan kedalam karung kemudian dipres menggunakan alat pres. Pengepresan ini bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung dalam singkong, dari proses pengepresan dihasilkan limbah cair dan endapan yang berasal dari limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan beresiko mencemarkan lingkungan karena mengandung senyawa organik yang dapat mempengaruhi parameter COD.
5. Pengukusan, setelah dipres dilanjutkan dengan proses pengukusan.
6. Penggilingan, singkong yang telah dikukus digiling menggunakan alat penggiling, penggilingan ini bertujuan untuk menghaluskan dan memuliskan adonan singkong.
7. Pencetakan, proses penggilingan mengeluarkan adonan dengan bentuk bijian panjang, bijian panjang dibentuk menjadi lingkaran atau O.
8. Penjemuran, penjemuran dilakukan satu hari apabila cuaca cerah, jika cuaca mendung penjemuran dilakukan lebih dari satu hari.
9. Penggorengan, klaning yang telah dijemur, digoreng hingga kekuningan.
10. Pengemasan, pengemasan menggunakan plastik dan produk klaning siap dipasarkan.

### 2.2.2 Limbah Cair Klaning

Limbah cair klaning dihasilkan dari proses pengepresan singkong yang telah diparut. Dari 3 kwintal singkong yang diolah, dihasilkan limbah padat berupa endapan sebesar 1.5 kg dan limbah cair sebesar 60 liter. Hasil uji lab yang dilakukan dapat diketahui karakteristik limbah cair klaning dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik limbah cair klaning

Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
Warna	-	Keruh	-
Bau	-	Berbau	-
TSS	mg/L	1498	200
pH	-	4.19	6-9
COD	mg/L	1220	100

## 2.3 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan padatan dari cairan yang kemudian dialirkan dalam media berpori untuk memisahkan padatan tersuspensi atau koloid [15]. Pengolahan menggunakan filtrasi tidak hanya dapat mengurangi padatan tetapi juga dapat mengurangi kandungan bakteri, menghilangkan warna, rasa, dan bau [16].

Meskipun serangkaian variasi filtrasi telah dilakukan, filtrasi tetap menjadi salah satu teknik dasar yang terlibat dalam pengolahan air, menggunakan media filter dimana media berpori dapat memisahkan campuran padat dan air sehingga melakukan sebanyak mungkin pemisahan padatan tersuspensi [16].

### 2.3.1 Tipe Pengolahan Filtrasi

Filter memiliki berbagai model pengolahan tergantung pada media yang digunakan. Jenis – jenis media yang umum digunakan yaitu [15]:

1. *Single* media, filtrasi ini biasanya menggunakan pasir kuarsa atau pasir silikat
2. Dual media, sering digunakan sebagai filter yang menggunakan pasir kuarsa di lapisan bawah dan antrasit di lapisan atas. Keuntungan dari dual media
  - a. Kecepatan filtrasi lebih tinggi (10-15 m/jam)
  - b. Periode pencucian lebih lama
  - c. Murah
3. Multimedia, terdiri dari antrasit, pasir, garnet atau dolomit, multimedia dirancang untuk memungkinkan semua lapisan filter bertindak sebagai filter.

### 2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Filtrasi

#### a. Debit

Filtrasi dengan debit aliran yang terlalu tinggi, dapat menyebabkan proses filtrasi tidak dapat terjadi dengan sempurna, akibat adanya aliran air yang terlalu cepat melewati pori-pori diantara partikel media filter. Tentunya akan menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan media filter dengan filtrat. Akibat dari laju aliran yang terlalu cepat menyebabkan partikel halus yang disaring akan lolos [17].

Debit filtrasi dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = V/t$$

Dimana

$Q = \text{Debit (m}^3/\text{s)}$

$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$

$T = \text{Waktu (s)}$

b. Kedalaman Media, Ukuran, dan Material.

Faktor yang perlu diperhatikan yaitu [17]:

1. Ketebalan media, dapat mempengaruhi waktu pengaliran air limbah dan kapasitas filtrasi. Media yang digunakan terlalu tebal mempunyai daya saring yang tinggi, tetapi waktu pengaliran yang dibutuhkan akan lebih lama. sedangkan media yang digunakan terlalu tipis daya serapnya relative rendah dengan waktu pengaliran yang dibutuhkan pendek [17].
2. Ukuran media filter dapat mempengaruhi porositas, laju filtrasi, bahkan kemampuan filtrasi. Jika media terlalu kasar atau halus, ukuran rongga antar partikel akan bervariasi. Jika pori-pori yang digunakan terlalu besar, laju filtrasi akan lebih cepat dan partikel halus akan mudah lolos. Sebaliknya, jika pori - pori terlalu halus, maka kapasitas penyaringan partikel akan meningkat sehingga kemungkinan dapat mengakibatkan terjadinya penyumbatan akibat dari partikel halus yang tertahan dilubang pori [17].

### 2.3.3 Mekanisme Filtrasi

Mekanisme filtrasi meliputi,

1. *Mechanical straining*

*Mechanical straining* yaitu proses pemisahan partikel tersuspensi dan koloid yang terjadi antar butiran media filter [18].

2. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses substansi molekul meninggalkan larutan dan berikatan dengan permukaan zat padat yang diakibatkan adanya ikatan fisik dan kimia. Substansi molekul yang diserap oleh zat padat disebut adsorbat dan zat padat penyerapnya disebut adsorben [19].

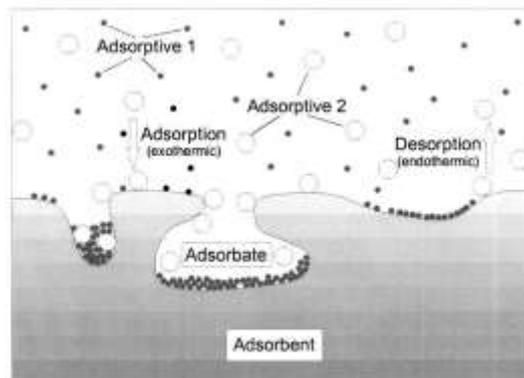
## 2.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses agregasi zat terlarut pada permukaan adsorben sehingga menyebabkan invasi dan penimbunan zat pada adsorben [20].

Parameter adsorpsi dapat mempengaruhi kapasitas adsorben dalam penyerapan adsorbat. Kapasitas adsorpsi menyatakan banyaknya adsorbat yang mampu terakumulasi pada permukaan adsorben [21].

### 2.4.1 Mekanisme Adsorpsi

Berlangsungnya proses adsorpsi yaitu bila padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul adsorbat, dan terjadi gaya ikatan hidrogen dan gaya kohesif (gaya hidrostatis). Akibat terjadinya gaya yang tidak seimbang mengakibatkan perubahan konsentrasi molekul interface solid/fluida. Molekul yang diserap tetapi tidak melekat pada permukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan yang melekat disebut adsorbat [22]. Akibat dari reaksi kimia dan fisik mengakibatkan molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan adsorben merupakan proses terjadinya adsorpsi, proses ini tergantung pada adsorben, sifat antar molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan sebagainya [23].



Gambar 2.2 Fenomena Adsorpsi dan Desorpsi [24]

### 2.4.2 Jenis Adsorpsi

Jenis adsorpsi berdasarkan kekuatannya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu [25]:

- a. Adsorpsi fisika, yaitu terjadinya gaya tarik menarik antar molekul yang relatif rendah daripada gaya intermolekul antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Pegerakan adsorbat dari permukaan satu ke permukaan adsorben

lainnya disebut dengan gaya *Van der Waals*. Sedangkan gaya tarik antar molekul fluida dengan permukaan adsorben disebut dengan gaya antar molekul.

- b. Adsorpsi kimia, terbentuknya ikatan kimia antara adsorbat dengan adsorben, ikatan ini lebih kuat dibandingkan dengan ikatan fisik.

### **2.4.3 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi**

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, yaitu [26]:

- a. Agitasi

Agitasi yaitu keadaan terjadinya turbulen atau bias disebut gejolak. Agitasi mengendalikan difusi lapisan dan difusi pori pada media filter.

- b. Karakteristik Adsorben

Karakteristik adsorben meliputi ukuran dan luas permukaan adsorben. Semakin kecil luas permukaan adsorben mengakibatkan laju adsorpsi semakin cepat, sedangkan semakin luas permukaan adsorben semakin banyak adsorbat yang diserap.

- c. Kelarutan Adsorbat

Partikel adsorbat yang terlarut mempunyai afinitas yang cukup kuat. Berapa senyawa yang sedikit larut akan sulit untuk diserap oleh adsorben, sedangkan beberapa senyawa yang sangat larut akan mudah untuk diserap oleh adsorben.

- d. Ukuran Pori Adsorben

Adsorben dengan ukuran pori yang besar dapat mengadsorpsi adsorbat dalam jumlah besar. Air limbah mengandung berbagai ukuran partikel adsorbat, sehingga partikel yang lebih besar dapat menghalangi partikel kecil untuk masuk ke dalam pori adsorben.

- e. pH

pH dapat mempengaruhi proses adsorpsi, senyawa organik asam lebih mudah diadsorpsi dalam pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih mudah diadsorpsi dalam pH tinggi.

- f. Temperatur

Temperatur dapat mempengaruhi laju adsorpsi, temperatur yang tinggi akan meningkatkan laju adsorpsi. Sedangkan temperatur yang rendah akan

mengakibatkan laju adsorpsi menjadi rendah. Proses adsorpsi merupakan proses eksotermik, sehingga derajat adsorpsi mengalami peningkatan jika temperatur rendah dan turun pada temperatur tinggi.

g. Waktu Kontak

Waktu kontak mempengaruhi banyaknya adsorbat yang terserap, semakin lama waktu kontak yang digunakan maka semakin banyak adsorbat yang diserap dan semakin sebentar waktu kontak maka adsorbat yang diserap akan semakin sedikit.

## 2.5 Media Pengolahan

### 2.5.1 Kerikil

Kerikil digunakan sebagai media penyangga dalam proses penyaringan, agar media filter yang berada di atasnya tidak terbawa aliran dan menghindari penyumbatan terjadi pada aliran. Persyaratan kerikil sebagai media penahan yaitu harus bersih, keras, tahan lama, dan bulat-bulat [27]. Kriteria media krikil sebagai media penyangga dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.2 Kriteria Media Kerikil [28]

Diameter kerikil rata-rata (mm)	Ketebalan (cm)
3 s.d 4	5 s.d 10
10 s.d 30	10 s.d 20

### 2.5.2 Arang Aktif

Arang aktif sebagai adsorben memiliki manfaat untuk menghilangkan warna keruh dan bau [10]. Sebelum digunakan arang aktif sebagai media filtrasi penyaring harus direndam dan dicuci hingga bersih [9]. Arang aktif memiliki tiga macam ukuran yaitu arang aktif serbuk <0.18 mm, sedangkan arang aktif granular 0.2-5 mm, dan arang aktif bentuk pelet 0.8-5.0 mm [9].

Arang aktif merupakan arang hasil proses lanjutan yang mana konfigurasi atomnya dibebaskan dari ikatan unsur lain dan pori dibersihkan dari senyawa atau kotoran (hidrokarbon dan senyawa organik) sehingga luas permukaannya bertambah besar menjadi sekitar 300-2000 m<sup>2</sup>/g yang menyebabkan daya adsorpsinya meningkat [29]. Perbedaan antara arang dengan arang aktif adalah pada bagian permukaannya.

Bagian permukaan arang masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang menghalangi keaktifannya, sementara bagian permukaan arang aktif relatif bebas dari deposit dan permukaannya lebih luas serta pori-pori yang terbuka, sehingga dapat melakukan penjerapan (*adsorption*) [30]. Untuk mengaktifkan arang menjadi arang aktif dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara kimia dan fisika.

### **2.5.2.1 Sifat Adsorpsi Arang Aktif**

Adapun faktor yang mempengaruhi daya serap arang aktif yaitu [31] :

1. Sifat arang aktif sebagai adsorben, berdasarkan ukuran dan kehalusan pori arang aktif, semakin kecil pori-pori arang aktif maka luas permukaan pada arang semakin besar dan kecepatan adsorpsi semakin meningkat.
2. Sifat komponen yang diserap (adsorbat), yaitu ukuran dan polaritas molekul, gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.
3. Sifat larutan, seperti temperatur dan pH, pada asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, sedangkan bila pH asam organik dinaikkan dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.
4. Lamanya proses adsorpsi atau waktu kontak.

### **2.5.3 Pasir**

Pasir digunakan untuk menghilangkan sifat fisik air, seperti kekeruhan. Pasir merupakan media penyaring yang baik dan bisa digunakan dalam proses penjernihan karena sifatnya yang berupa butiran bebas yang porous, berdegradasi dan *uniformity*. Pasir berfungsi menyaring kotoran dari air, pemisahan sisa-sisa flok. Selama penyaringan koloid atau tersuspensi dalam air akan di tahan dalam media porous tersebut sehingga kualitas air meningkat [32].

Ukuran butiran pasir yang digunakan dapat mempengaruhi daya saring. Semakin kecil ukuran pasir akan semakin rapat rongga antar butiran sehingga hasil saring akan semakin baik. Ukuran pasir dapat dibagi menjadi, yaitu [33]:

1. Pasir sangat kasar (very coarse sand) : 1.0 – 2.0 mm
2. Pasir kasar (coarse sand) : 0.5 – 1.0 mm

3. Pasir sedang (*medium sand*) : 0.25 – 0.5 mm
4. Pasir halus (*fine sand*) : 0.1 – 0.25 mm
5. Pasir sangat halus (*very fine sand*) : 0.05 – 0.1 mm

Berikut merupakan kriteria media pasir yang digunakan sebagai penyaring:

Tabel 2.3 Kriteria Media Pasir [4]

Karakteristik		Nilai	
		Rentang	Tipikal
<b>Multi media</b>			
Pasir			
a	Ketebalan (mm)	150-230	230
b	Ukuran Efektif (mm)	0.45-0.55	0.5
c	Koefisien Keseragaman	2.6-2.6	1.6

### 2.5.4 Zeolit

Zeolit merupakan kristal alumina silika yang berstruktur tiga dimensi, serta terbentuk dari tetrahedral alumina dan silika dengan rongga - rongga di dalam yang berisi ion-ion logam, biasanya berupa alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas. Zeolit berfungsi sebagai adsorben dan penyaring molekul, serta *ion exchange* (penukar ion) dalam pengolahan air [34].

Zeolit termasuk kedalam material nanopori dengan ukuran pori antara 0.3 – 1.5 nm [35]. Berdasarkan proses terbentuknya, zeolit dapat dibedakan menjadi dua yaitu: zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam terbentuk secara alamiah di alam, sedangkan zeolit sintetis dibuat dari bahan yang mengandung komponen dasar alumina dan silika. Zeolit sintetis dapat dibuat dengan menggunakan bahan abu dasar sisa pembakaran batubara. Kemampuan zeolit sebagai *ion exchange* telah lama diketahui dan digunakan sebagai penghilang polutan kimia. Dalam air zeolit juga ternyata mampu mengikat bakteri E-Coli. Kemampuan ini tergantung pada laju penyaringan dan perbandingan volume air dengan massa zeolit. Zeolit juga berfungsi untuk menaikkan pH dan mengurangi kandungan besi [37].

#### 2.5.4.1 Sifat-Sifat Zeolit

Zeolit mempunyai sifat-sifat kimia, diantaranya:

1. Dehidrasi sifat dehidrasi zeolit berpengaruh terhadap sifat jerapannya. Keunikan zeolit terletak pada struktur porinya yang spesifik. Pada zeolit alam

didalam pori-porinya terdapat kation-kation atau molekul air. Bila kation-kation atau molekul air tersebut dikeluarkan dari dalam pori dengan suatu perlakuan tertentu maka zeolit akan meninggalkan pori yang kosong [38].

2. Penyerapan dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air yang berada disekitar kation. Bila zeolit dipanaskan maka air tersebut akan keluar. Zeolit yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan [39].
3. Penukar ion pada rongga berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari sifat kation, suhu, dan jenis anion [40].
4. Katalis zeolit sebagai katalis hanya mempengaruhi laju reaksi tanpa mempengaruhi kesetimbangan reaksi karena mampu menaikkan perbedaan lintasan molekular dari reaksi. Katalis berpori dengan pori-pori sangat kecil akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk. Selektivitas molekuler seperti ini disebut *molecular sieve* yang terdapat dalam substansi zeolit alam [40].
5. Penyaring, zeolit sebagai penyaring molekul maupun pemisah didasarkan atas perbedaan bentuk, ukuran, dan polaritas molekul yang disaring. Sifat ini disebabkan zeolit mempunyai ruang hampa yang cukup besar. Molekul yang berukuran lebih kecil dari ruang hampa dapat melintas sedangkan yang berukuran lebih besar dari ruang hampa akan ditahan [40].

Zeolit yang diperoleh dari proses penyiapan telah dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Untuk memperoleh zeolit dengan kemampuan yang tinggi diperlukan beberapa perlakuan, antara lain preparasi, aktivasi dan modifikasi [41]:

- a. Preparasi Tahap ini bertujuan untuk memperoleh ukuran produk yang sesuai dengan tujuan penggunaan. Preparasi ini terdiri dari tahap peremukan (*crushing*) sampai penggerusan (*grinding*).
- b. Aktivasi Proses aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara fisis dan kimiawi. Aktivasi secara fisis berupa pemanasan zeolit dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Pemanasan dilakukan dalam

oven biasa pada suhu 300–400°C (untuk skala laboratorium) atau menggunakan tungku putar dengan pemanasan secara penghampaan selama 3 jam atau penghampaan selama 5-6 jam (skala besar). Aktivasi secara kimia dilakukan dengan larutan asam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> atau basa NaOH dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dipertukarkan. Pereaksi kimia ditambahkan pada zeolit yang telah disusun dalam tangki dan diaduk dalam jangka waktu tertentu kemudian dicuci air sampai netral dan selanjutnya dikeringkan.

- c. Modifikasi didalam proses pengolahan air, zeolit hasil aktivasi telah mampu menyerap ion logam berat yang berbentuk kation. Agar zeolit dapat juga menyerap logam berat yang berupa anion, mikroorganisme serta zat organik lain maka zeolit perlu dimodifikasi. Cara modifikasi ialah dengan jalan melapisi zeolit dengan polimer organik vinil piridin, polimer organik alam atau dengan mangan.

## 2.6 Alternatif Pengolahan

### 1. *Pipe Filter Layer*

Fungsi: Memiliki beberapa fungsi yang hampir sama dengan saringan pasir cepat dan saringan pasir lambat, seperti dalam usaha pemurnian air dengan melakukan air pada lapisan pasir, sehingga nantinya terjadi perubahan kualitas air yang mencakup penjernihan air, perubahan sifat kimiawi air, penurunan kandungan bakteri. [5].

Kelebihan : Perawatan mudah dilakukan, karena pencucian media penyaring hanya dilakukan dengan cara membuka kran penguras, sehingga air hasil saringan yang berada di atas lapisan pasir berfungsi sebagai air pencuci [5].

Kekurangan : Perlu dilakukan proses disinfeksi kuman yang lebih intensif, untuk mengatasi bau dan rasa yang terdapat dalam air yang disaring [5].

### 2. *Anaerobic Baffled Reactor*

Fungsi : Mengendapkan padatan dan menyisihkan material organik dalam satu sistem. Unit ABR mampu menyisihkan 65-90% COD; 70-95% BOD; dan 80-90% TSS [42].

Kelebihan : Tahan terhadap *shock loading* organik dan hidraulik, tidak membutuhkan energi listrik, biaya operasional rendah, kemampuan menyisihkan konsentrasi BOD tinggi, lumpur yang dihasilkan rendah dan telah terstabilisasi, kebutuhan lahan tidak terlalu besar [42].

Kekurangan : Fase awal pengolahan membutuhkan waktu yang lama, kemampuan mereduksi bakteri patogen rendah, supernatan dan lumpur yang ditimbulkan membutuhkan pengolahan lebih lanjut, dibutuhkan pengolahan awal untuk mencegah penyumbatan [42].

### 3. Lumpur Aktif: Oxydation Ditch

Fungsi : Menyisihkan materi organik yang dapat didegradasi secara biologis dalam kondisi aerobik. Mampu menyisihkan konsentrasi ammonia-nitrogen hingga mencapai efisiensi lebih dari 85%, BOD 96% dan 97% COD [42].

Kelebihan : Waktu retensi hidraulik yang panjang dan pengadukan yang sempurna mengurangi kemungkinan terjadinya *shock loading* organik dan hidraulik, dan Lumpur yang dihasilkan relatif sedikit [42].

Kekurangan : Konsentrasi solid tersuspensi masih relatif tinggi jika dibandingkan unit lumpur aktif lain dan Kebutuhan luas lahan besar [42].

### 4. *Trickling Filter*

Fungsi : Menyisihkan material organik dalam air limbah, mampu menyisihkan COD 70%; BOD 80%; dan TSS 85% [42].

Kelebihan : Cocok digunakan untuk kapasitas pelayanan kecil sedang dengan bahan yang tersedia terbatas, efektif dalam mengolah air limbah dengan konsentrasi beban organik tinggi, namun tergantung dengan jenis media yang digunakan, membutuhkan energi yang lebih sedikit [42].

Kekurangan : Sering terjadi pengelupasan biofilm dalam jumlah yang besar, berpotensi menimbulkan bau dan lalat, penyebaran air limbah ke media filter tidak seragam, dan membutuhkan operator dengan keahlian khusus untuk mengoperasikan sistem [42].

## **2.7 Total Suspended Solid (TSS)**

*Total Suspended Solid* (TSS) merupakan residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar dari ukuran partikel

koloid. Bagian yang dapat dikatakan TSS yaitu lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan pengaruh terhadap kekeruhan (*turbidity*) [43].

Kekeruhan adalah kecenderungan ukuran sampel untuk menyebarkan cahaya, Sementara hamburan diproduksi oleh adanya partikel tersuspensi dalam sampel. Kekeruhan adalah murni sebuah sifat optik pola dan intensitas sebaran akan berbeda akibat perubahan dengan ukuran dan bentuk partikel serta materi [44].

## **2.8 Chemical Oxygen Demand (COD)**

COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*nonbiodegradable*) menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O [45]. Nilai COD yang tinggi menunjukkan adanya pencemaran air oleh zat-zat organik yang berasal dari berbagai sumber seperti limbah pabrik, limbah rumah tangga, dan sebagainya.

Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya selulosa, tannin, lignin, fenol, polisakarida, benzene, dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran nilai COD dibandingkan nilai BOD [46]. Disebut tidak langsung karena yang ditentukan adalah kebutuhan oksigen untuk mencerna zat organik secara kimiawi. Cara ini masih cukup relevan dan banyak digunakan pada berbagai kepentingan. Dasar penentuan total zat organik adalah dengan mengoksidasi menggunakan oksidator (KMnO<sub>4</sub> atau K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). Banyaknya KMnO<sub>4</sub> atau K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> yang digunakan untuk oksidasi ekuivalen dengan banyaknya total zat organik [46].

Tingginya kadar COD dalam air limbah memiliki dampak yang serius terhadap lingkungan, yaitu:

- a. Konsentrasi COD yang tinggi menyebabkan kandungan oksigen terlarut di dalam air menjadi rendah, bahkan habis sama sekali. Akibatnya oksigen sebagai sumber kehidupan bagi makhluk air (hewan dan tumbuh-tumbuhan) tidak dapat terpenuhi sehingga makhluk air tersebut menjadi mati [47].
- b. Apabila kadar oksigen terlarut berkurang mengakibatkan hewan-hewan yang menempati perairan tersebut akan mati. Dan jika kadar BOD dan COD

meningkat menyebabkan perairan menjadi tercemar. Kandungan bahan organik tinggi yang ditumbuhi bakteri menimbulkan bau yang menyengat akibat dari bakteri patogen dan hasil metabolisnya [48].

## 2.9 Baku Mutu Air Limbah

Pengolahan air limbah mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Tabel 2.4 Baku Mutu Air Minum [49].

Parameter	Satuan	Golongan	
		I	II
TSS	mg/L	200	400
BOD	mg/L	50	150
COD	mg/L	100	300

- Air limbah yang dibuang ke badan air penerima sungai kelas I maka usaha dan/atau kegiatan tersebut mengikuti baku mutu air limbah golongan I.
- Kandungan BOD kurang dari 1.500 ppm (seribu lima ratus *parts per million*) dan COD kurang dari 3.000 ppm (tiga ribu *parts per million*) pada air limbah sebelum dilakukan pengolahan, maka diberlakukan baku mutu air limbah golongan I
- Kandungan BOD lebih dari 1.500 (seribu lima ratus *parts per million*) dan/atau COD lebih dari 3.000 ppm (tiga ribu *parts per million*) pada air limbah sebelum dilakukan pengolahan, dan badan air penerimanya bukan sungai kelas I maka diberlakukan baku mutu air limbah golongan II.

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

Peneliti/ Tahun	Kajian	Bahan	Hasil
Siti Fatimah, Dkk/ 2016 [4]	Penurunan Kadar COD dan TSS dengan Menggunakan Teknik <i>Pipe filter layer</i> pada Limbah Industri Keripik Singkong	Spon, kerikil, zeolit, arang, pasir, serabut kelapa, dan kain	Data awal limbah industri keripik kadar COD sebesar 1014 mg/L. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa teknik <i>Pipe filter layer</i> mampu memperbaiki kualitas air limbah cair industri keripik singkong. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan nilai COD dan TSS berturut-turut sebesar 99.5% dan 99.7%.
Diky Ihsan Pratama, Dkk/ 2020 [50]	Pengaruh Waktu dan Tegangan Listrik terhadap Kadar COD dan Fosfat	Sabut kelapa, zeolit, pasir, kain, dan spon	Data awal limbah <i>nata de coco</i> pada COD sebesar 9037.5 mg/L dan fosfat sebesar 50.246 mg/L. Dari variabel-variabel yang ada diketahui bahwa

Peneliti/ Tahun	Kajian	Bahan	Hasil
	pada Limbah Cair Nata De Coko Dengan Metode Hibridisasi Pipe Filter Layer-Elektrolisis (HPFLE)		pada tahapan <i>pipe filter layer</i> memberikan efek terhadap kadar COD sebesar 13.14% sedangkan untuk fosfat 9.7%. Untuk tegangan elektrolisis pada kadar COD yang memiliki efektifitas terbaik pada 5 volt dengan waktu perlakuan 75 menit. Sedangkan untuk fosfat tegangan yang efektif yaitu pada 5 volt dengan waktu 10 menit. Dari penelitian ini diketahui metode HPFLE memberikan pengaruh hingga kadar COD menjadi 4000 mg/L sedangkan untuk fosfat menjadi 179.01 mg/L.
Purwadi Agus Darwito, Dkk / 2019 [51]	Rancang Bangun Sistem Pengolah Air Bersih Standar WHO dan Kemenkes Bagi Warga Dusun Sinan - Desa Gawerejo - Kecamatan Karangbinangun - Kabupaten Lamongan Jawa Timur	Pasir kasar (16 cm) ijuk (16 cm), arang (16 cm), pasir halus (16 cm)	Perancangan sistem pengolahan air telah dilakukan. Pengolahan air terdiri dari tahap pengendapan dan penyaringan. Hasil pengujian filter air didapatkan penurunan kadar pH sebesar 14%, kekeruhan sebesar 0.4% dan TDS sebesar 0.05%. Sistem telah dapat menghilangkan warna dan bau air, tetapi masih belum sempurna dalam menghilangkan rasa dari air.
Ronny dan Muhammad Saleh, 2018 [6]	Penurunan Kadar COD dengan Metode Filtrasi Multimedia Filter pada Air Limbah Laundry	Variasi 1 Arang 20 cm, zeolite 20 cm, pasir 10 cm dan kerikil 10 cm. Variasi 2 arang 30 cm, zeolit 30 cm, pasir 10 cm dan kerikil 10 cm	Kadar awal COD air limbah laundry sebelum dilakukan pengolahan adalah 866.66 mg/L. Penurunan kadar COD dengan metode filtrasi multimedia filter dengan ketebalan media variasi I, rata-rata turun menjadi 453.33 mg/L dengan persentase penurunan 46.33%. Penurunan kadar COD dengan metode filtrasi multimedia filter dengan ketebalan media variasi II, rata-rata turun menjadi 320 mg/L dengan persentase penurunan 63.07%.