

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah Cair

1. Pengertian Air Limbah

Limbah adalah air sisa buangan yang berasal dari suatu industri, rumah tangga maupun tempat-tempat umum lain yang memiliki kandungan bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan yang dimana kehadirannya tidak dikehendaki karena tidak memiliki nilai ekonomis (Arief, 2016). Menurut definisi dari Sugiharto (1987) bahwa limbah merupakan kotoran dari masyarakat dan rumah tangga, limbah juga berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya (Sugiharto, 1987).

Air limbah adalah air tidak bersih yang mengandung berbagai zat yang dapat membahayakan manusia dan makhluk hidup lainnya biasanya muncul karena adanya hasil aktivitas manusia, berasal dari industri maupun dari rumah tangga. Yang memiliki konsentrasi dan kuantitas tertentu, adanya limbah tersebut dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia juga lingkungan sehingga perlu dilakukan penanganan dan pengolahan terhadap limbah sebelum limbah dibuang ke lingkungan (Askari, 2015).

Limbah cair merupakan cairan yang dihasilkan dari proses produksi. Limbah cair ini umumnya akan dikumpulkan terlebih dahulu kemudian akan mengalami proses pengolahan ataupun kadangkala langsung dibuang ke perairan atau lingkungan. Pembuangan limbah cair langsung akan sangat membahayakan karena kemungkinan adanya bahan-bahan berbahaya dan bercun ataupun kandungan limbah yang ada tidak mampu dicerna oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan (Hidayat, 2016).

2. Sumber Air Limbah

Klasifikasi air limbah berdasarkan asalnya menjadi dua bagian yaitu air limbah industri dan air limbah rumah tangga.

a. Limbah cair industri

Limbah industri adalah air limbah yang berasal dari kegiatan industri, baik karena proses secara langsung maupun proses secara tidak langsung. Limbah dari kegiatan industri adalah limbah yang terproduksi bersamaan dengan proses produksi, dimana produk dan limbah hadir pada saat yang bersamaan. Sedangkan limbah tidak langsung terproduksi sebelum proses maupun sesudah proses produksi (Arief, 2016).

b. Limbah Rumah Tangga

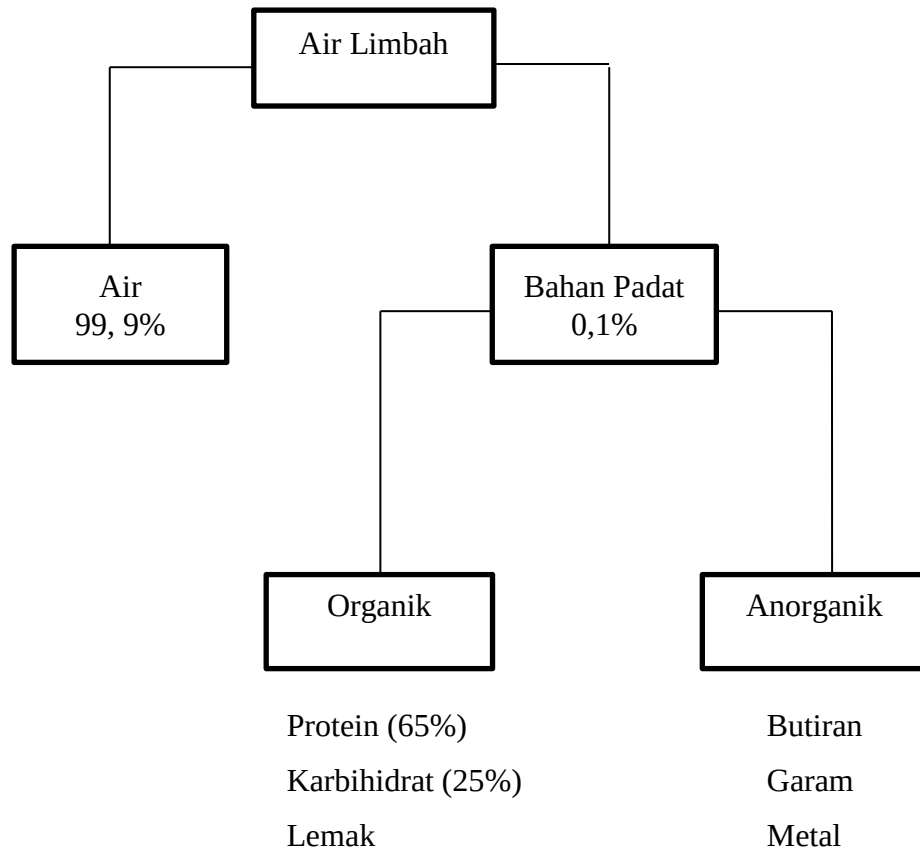
Air limbah rumah tangga adalah air limbah yang tidak mengandung ekskreta manusia dan dapat berasal dari buangan kamar mandi, dapur, air cuci pakaian, dan lain-lain yang mungkin

dapat mengandung mikroorganisme patogen. Air limbah rumah tangga merupakan sumber utama pencemaran di perkotaan. Volume air limbah rumah tangga bergantung pada volume pemakaian air penduduk setempat. Air limbah domestik adalah air yang berasal dari usaha atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, asrama dan perumahan (Kholif, 2020). Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi, dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga. Air limbah rumah tangga terdiri dari 3 fraksi penting yaitu :

1. Tinja (*feces*), berpotensi mengandung mikroba patogen.
2. Air seni (*urine*), umumnya mengandung nitrogen dan posfor, serta kemungkinan kecil mikroorganisme.
3. *Grey Water* merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi. *Gray water* sering disebut juga dengan istilah sullage. Campuran *feces* dan *urien* disebut juga sebagai *excreta* sedangkan campuran *excreta* dengan air bilasan toilet disebut sebagai black water.

3. Komposisi Air Limbah

Menurut Sugiharto, 1987 sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada skema berikut ini.



Gambar 2.1 Skema bahan yang terkandung dalam air limbah
 Sumber : (Sugiharto, 1987) Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah

4. Sistem Pengolahan Air Limbah

Tujuan utama dari pengolahan air limbah ialah untuk mengurai kandungan bahan pencemar di dalam air terutama senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di alam. Menurut tingkatan prosesnya, pengolahan limbah dapat digolongkan menjadi lima tingkatan (Rakhmad et al., 2022).

a. *Pretreatment* (Pra pengolahan)

Pada tahap ini dilakukan usaha-usaha untuk melindungi alat-alat yang ada pada instalasi pengolahan air limbah. Pada tahap ini dilakukan penyaringan, penghancuran atau pemisahan air dari partikel-partikel yang dapat merusak alat-alat pengolahan air limbah, seperti pasir, kayu, sampah, plastik dan lain-lain.

b. *Primary treatment* (Pengolahan primer)

Tahap pengolahan primer limbah cair sebagian besar adalah berupa proses pengolahan secara fisika, pada tahap ini dilakukan penyaringan terhadap padatan halus atau zat warna terlarut maupun tersuspensi yang tidak terjaring pada penyaringan terdahulu. Ada dua metode utama yang dapat dilakukan pengolahan secara fisika dan kimia yaitu filtrasi dan sedimentasi.

c. *Secondary treatment* (Pengolahan sekunder)

Tahap pengolahan sekunder merupakan proses pengolahan secara biologis dengan melibatkan mikroorganisme yang bertujuan untuk menguraikan atau menghilangkan bahan organik. Di dalam proses biologis ini, banyak dipergunakan reaktor lumpur aktif dan trickling filter, metode kolam perlakuan, bioremediasi, dan fitoremediasi.

d. *Tertiary treatment* (Pengolahan tersier)

Pengolahan tersier merupakan tahap pengolahan tingkat lanjut yang merupakan rangkaian proses kimia dan fisika yang ditujukan terutama untuk menghilangkan senyawa organik maupun anorganik. Proses pada tingkat lanjut ini dilakukan melalui proses fisik (pengapungan, pembekuan, filtrasi, destilasi, dll), proses kimia (elektrokimia, oksidasi, absorbs karbon aktif, pengendapan kimia, pertukaran ion, dan reduksi), dan proses biologi (pembusukan oleh bakteri dan nitrifikasi alga).

e. *Advanced treatment* (Pengolahan lanjutan)

Pengolahan lanjutan diperlukan untuk membuat komposisi air limbah sesuai dengan yang dikehendaki. Misalnya untuk menghilangkan kandungan amonia atau fosfor dari air limbah.

B. Metode Pengolahan Air Limbah

Menurut (Simbolon et al., 2020) dan (Saptati & Himma, 2018) metode pengolahan limbah cair dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Pengolahan Fisika

Pengolahan limbah secara fisika merupakan metode fisik pengolahan air limbah bertujuan untuk menghilangkan zat pencemar. Pengolahan secara fisika meliputi penyaringan awal (Screening), Pemisah pasir (Grit removal) Sedimentasi, dan Filtrasi.

2. Pengolahan Kimia

Pada pengolahan limbah kimia terjadinya proses kimiawi meliputi Koagulasi, Chlorinasi, Desinfektan, dan Adsorpsi.

3. Pengolahan Biologi

Pengolahan secara biologi proses penghilangan zat pencemar dilakukan dengan aktivitas biologis, meliputi Lumpur aktif, Aerasi, Bioremediasi dan Fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan metode pengolahan air limbah menggunakan tumbuhan untuk menyerap, menghilangkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik senyawa organik maupun anorganik. Pada pengolahan limbah cair yang menggunakan tumbuhan air terjadi proses penyaringan dan penyerapan oleh akar atau batang tumbuhan air, proses pertukaran juga penyerapan ion, dan tumbuhan air juga berperan dalam menstabilkan pengaruh iklim, angin, cahaya matahari dan suhu

(Waluyo, 2018). Potensi tanaman air sebagai fitoremediator ditunjukkan juga dari hasil penelitian yang dilakukan oleh (Novita et al., 2020) dengan menggunakan 3 tanaman air yaitu eceng gondok, kangkung air, dan kiambang dimana ke 3 jenis tanaman ini terbukti dapat menurunkan kadar pencemar dalam air limbah. Menurut penelitian dari (Kadek et al., 2020) melakukan penelitian dengan 4 jenis tanaman air yaitu eceng gondok, kayu apu, kangkung air dan paku air didapatkan hasil bahwa dari tanaman tersebut terbukti seluruh tanaman dapat menjadi fitoremediator dalam menurunkan bahan pencemar BOD, COD, TSS, PH dan Lemak pada air limbah.

Tanaman eceng gondok merupakan salah satu tanaman air yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi karena tanaman eceng gondok terbukti dapat menyerap zat-zat senyawa organik melalui ujung akar yang akan diteruskan ke batang melalui pembuluh pengangkut kemudian menyebar keseluruh bagian tanaman eceng gondok (Sriyana, 2006). Terdapat beberapa mekanisme dalam proses fitoremediasi yaitu :

a. Fitoekstraktion

Proses dimana polutan atau zat kontaminan dapat diserap oleh akar tanaman eceng gondok kemudian polutan tersebut ditranslokasi, dikumpulkan, dan disebarkan ke bagian-bagian tanaman yang lain misalnya batang, akar, dan daun yang sering disebut *Fitoekstraksi*.

b. Rhizofiltration

Rizoid berarti akar, dan filtrasi adalah penyaringan. Rizofiltrasi secara umum yakni proses penyerapan, pengendapan, menggunakan akar tanaman eceng gondok. Mekanisme fitoremediasi ini dapat diterapkan pada air maupun lahan basah.

c. Phytodegradation

Polutan-polutan dapat diserap dan didegradasi atau diuraikan oleh tumbuhan. Proses penguraian polutan ini dapat dibantu oleh metabolisme enzim yang terdapat pada tanaman eceng gondok tersebut. Enzim berfungsi sebagai biokatalisator dalam proses degradasi senyawa polutan dalam tubuh tanaman.

d. Phytotransformation

Polutan-polutan yang terdapat dalam air dapat terserap oleh akar tumbuhan. Proses selanjutnya terjadi proses metabolisme dalam tubuh tumbuhan, dengan proses yang dinamakan fitotransformasi.

e. Phytostabilization

Merupakan salah satu proses mekanisme fitoremediasi dengan cara adanya produksi senyawa kimia yang berasal dari daerah perakaran tanaman eceng gondok atau rizosfer dan berfungsi menstabilkan polutan.

f. Phytovolatilization

Fitovolatilisasi adalah proses pendegradasian polutan sebelum melewati daun, hal ini dapat terjadi pada saat terjadi serapan polutan dan kemudian polutan itu dilepas ke udara dengan bantuan daun tanaman eceng gondok.

C. Tanaman Eceng Gondok

1. Sejarah Tanaman Eceng Gondok



Gambar 2.2 Tanaman Eceng Gondok
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air yang hidup terapung. Pada tahun 1824 eceng gondok pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ilmuwan bernama Carl Friedrich Phillip Von Martius, seorang ilmuwan botani berkebangsaan Jerman ketika sedang melakukan ekspedisi disungai Amazon, Brazil. Karena tertarik Carl Friedrich Phillip Von

Martius melakukan penelitian dan hasilnya adalah penemuan eceng gondok. Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang sangat tinggi sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Eceng gondok dapat menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya (Maryoto, 2019). Berikut klasifikasi eceng gondok :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Super Diviso	: <i>Spermatophyta</i>
Divisio	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Liliopsida</i>
Ordo	: <i>Commelinales</i>
Familia	: <i>Pontederiaceae</i>
Genus	: <i>Eichornia kunth</i>
Spesies	: <i>Eichornia crassipes</i>

Dalam struktur anatomi eceng gondok terdiri dari struktur batang, daun dan akar. Batang tanaman eceng gondok (*petiola*) yang berbentuk bulat menggembung, di dalamnya penuh dengan ruang-ruang udara yang berfungsi untuk mengapung di atas permukaan air. Lapisan terluar dari *petiola* adalah epidermis. Lapisan epidermis pada eceng gondok tidak berfungsi sebagai alat perlindungan jaringan,

tetapi berfungsi untuk mengabsorbsi gas-gas dan zat-zat makanan secara langsung dari air. Jaringan di sebelah dalam banyak terdapat jaringan pengangkut yang terdiri dari *xylem* dan *floem*, dengan letak yang tersebar merata di dalam parenkim.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air mengapung yang biasanya hidup berumpun di daerah perairan yang tenang. Eceng gondok biasa tumbuh di rawa-rawa, danau, kolam-kolam yang dangkal, muara sungai dan sering juga hidup diperairan yang alirannya lambat. Eceng gondok memiliki sifat kecepatan tumbuh yang tinggi dan sangat mudah menyebar sehingga dapat menutupi permukaan air. Karena memiliki sifat pertumbuhannya yang tinggi dan mudah menyebar maka eceng gondok sering dinggap sebagai tumbuhan pengganggu yang dapat menutupi seluruh permukaan perairan, mengganggu laju lalu lintas air, meningkatkan penguapan sehingga air akan berkurang (Maryoto, 2019). Namun disisi lain, eceng gondok bermanfaat karena mampu menyerap zat organik maupun zat anorganik pada proses fitoremediasi. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh (Novita et al., 2020) tanaman eceng gondok terbukti dapat menurunkan kadar BOD sebesar 71,91%, COD sebesar 59,11%, TSS sebesar 66,44%.

2. Kandungan Tanaman Eceng Gondok

Komposisi kimia eceng gondok tergantung pada kandungan unsur hara tempatnya tumbuh, dan sifat daya serap tanaman tersebut.

Eceng gondok mempunyai sifat-sifat yang baik antara lain dapat menyerap logam-logam berat, senyawa sulfida, selain itu mengandung protein lebih dari 11,5%. Kandungan kimia serat eceng gondok terdiri atas 60% selulosa, 8% hemiselulosa, dan 17% lignin Ahmed, (2012) dalam kutipan (Putera, 2012).

Tanaman eceng gondok dalam keadaan kering memiliki kandungan kimia yang berupa selulosa 64,51%; pentosa 15,61%, lignin 7,69%, silika 5,56% dan abu 12%. Sedangkan hasil analisa kimia dalam keadaan segar dari eceng gondok terdiri dari bahan organik sebesar 36,59%, C organik 21,23%, N total 0,28%, P total 0,0011% dan K total 0,016%. Eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai briket, pakan ternak, pupuk cair, pupuk kompos, kerajinan tangan, bahan pembuat kertas dan bahan pembuat etanol. Dan saat ini sudah banyak terbukti bahwa eceng gondok mampu menjadi fitoremediator pada pengolahan air limbah (Aini & Kuswyasari, 2013).

Tanaman eceng gondok diduga memiliki potensi sebagai antioksidan. Antioksidan merupakan zat yang mampu mencegah atau memperlambat suatu proses oksidasi. Zat ini ternyata mampu memperlambat atau menghambat oksidasi zat yang mudah teroksidasi meskipun dalam konsentrasi rendah. Antioksidan alami dapat ditemukan pada buah-buahan, sayuran dan tumbuhan berkayu. Metabolit sekunder dalam tumbuhan yang berasal dari golongan alkaloid, flavonoid, saponin, kuinon, tanin, steroid/triterpenoid.

Senyawa bioaktif ini dapat diperoleh dengan metode ekstraksi dengan berbagai pelarut (Darwati et al., 2016).

3. Peran Eceng Gondok Dalam Menyerap Zat Organik

Tanaman eceng gondok dalam proses fitoremediasi dapat menyerap zat organik melalui ujung akar, zat organik yang terserap akan diteruskan ke batang melalui pembuluh pengangkut kemudian menyebar ke seluruh bagian tanaman eceng gondok. Pada proses ini zat organik akan mengalami reaksi biologi dan terakumulasi di dalam batang tanaman dan diteruskan ke daun (Sriyana, 2006).

Menurut Widyaningsih (2007) sebagaimana yang dikemukakan oleh (setyorini, 2020) bahwa ada bagian dari tanaman eceng gondok yang berperan penting dalam proses fitoremediasi, yaitu :

a. Akar

Akar tanaman eceng gondok adalah akar serabut. Akar tanaman eceng gondok memiliki fungsi dapat menyerap zat-zat yang terkandung di dalam air. Susunan yang terdapat di akar eceng gondok dapat mengumpulkan partikel yang terlarut dalam air dan juga dapat mengumpulkan lumpur dengan cara melekatkan di antara bulu-bulu akar.

b. Batang

Batang tanaman eceng gondok mempunyai batang (*pattiole*) yang berbentuk bulat menggelembung, di dalam batang eceng gondok terdapat ruangan-ruangan udara yang berfungsi untuk

mengapung di atas permukaan air. Pada bagian batang eceng gondok terdapat lapisan terluar yaitu epidermis, lapisan ini berfungsi untuk mengadsorpsi gas-gas dan zat-zat makanan secara langsung dari air. Bagian terdalam terdapat jaringan pengangkut yang terdiri dari *xylem* dan *floem*.

c. Daun

Tanaman eceng gondok mempunyai daun yang berbentuk bulat seperti telur, ujungnya tumpul dan hampir bulat serta tergolong dalam makrofita yang terletak di atas permukaan air yang terdapat rongga udara di dalamnya. Rongga udara tersebut berfungsi untuk membuat tanaman agar bias terapung dalam air, selain itu juga berfungsi sebagai penyimpan oksigen pada proses fotosintesis. Eceng gondok mempunyai keunggulan dalam proses fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari serta zat-zat yang terlarut di bawah permukaan air. Selain itu eceng gondok juga memiliki keunggulan lain yaitu dapat menyerap senyawa nitrogen dan fosfor dalam air yang tercemar.

D. Tempe

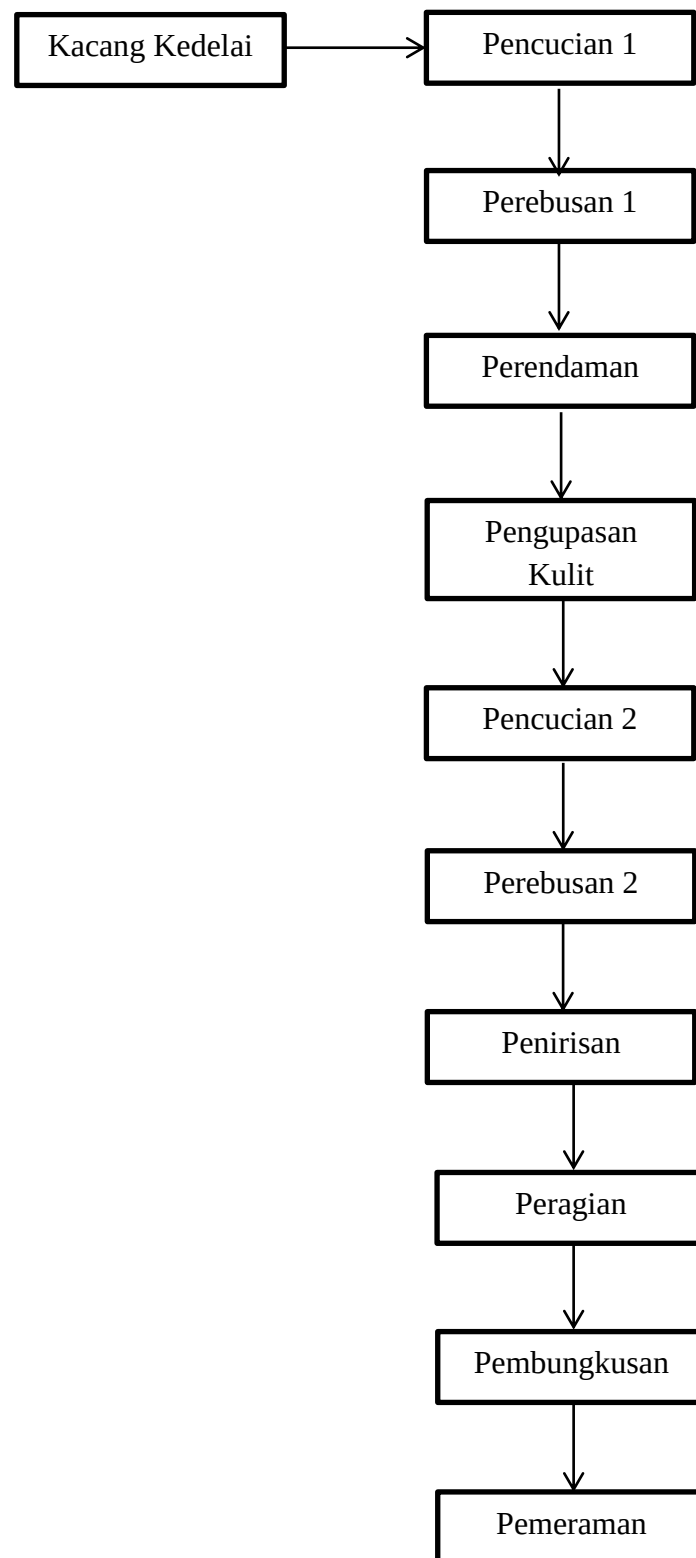
1. Pengertian Tempe

Tempe adalah salah satu makanan tradisional asli Indonesia. Di tanah Indonesia, tempe sudah lama dikenal selama berabad-abad yang lalu. Makanan ini diproduksi dan dikonsumsi secara turun temurun, khususnya di daerah Jawa Tengah dan sekitarnya. Tempe

merupakan makanan yang terbuat biji kedelai atau bahan lain yang diproses melalui fermentasi dari “ragi tempe”. Lewat proses fermentasi ini, biji kedelai mengalami proses penguraian menjadi senyawa sederhana sehingga mudah dicerna (BSN, 2012).

Menurut Radiati (2016) berdasarkan yang dikemukakan oleh (Suknia & Rahmani, 2020). Dalam Proses Pembuatan Tempe Home Industri Berbahan Dasar Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr*) dan Kacang Merah (*Phaseolus Vulgaris L.*) di Candiwesi, Salatiga (Suknia & Rahmani, 2020) bahwa tempe adalah makanan tradisional dari Indonesia yang dibuat dari fermentasi oleh jamur *Rhizopus sp* pada bahan baku kedelai maupun non kedelai. Jamur ini nantinya akan membentuk hifa. Hifa merupakan benang-benang halus yang berwarna putih yang akan menumpuk di permukaan biji kedelai dan kacang merah yang nantinya akan menyatu membentuk miselium yang berwarna putih. Adanya jamur pada tempe ini dapat memproduksi beberapa enzim, misalnya enzim lipase yang akan menguraikan lemak sehingga menjadi asam lemak, enzim protease yang mampu menguraikan protein sehingga menjadi peptida yang lebih pendek, enzim protease yang mampu menguraikan protein sehingga menjadi peptida yang lebih pendek serta asam amino bebas, juga memproduksi enzim amilase yang dapat menguraikan karbohidrat kompleks menjadi karbohidrat yang sederhana.

Proses pembuatan tempe pada umumnya diawali dengan pemilihan kedelai, menggunakan bahan dasar yang unggul dengan ciri-ciri kedelai tersebut berwarna orange mengkilap dengan ukuran yang sedang dan kulitnya pun tidak mengkirut. Dengan adanya pemilihan kedelai ini akan menentukan hasil akhir dari pembuatan tempe. Metode dalam memproduksi tempe umumnya menggunakan cara-cara yang tradisional. Artinya, masih belum menerapkan teknologi modern. Pada dasarnya, cara membuat tempe terdiri dari 2 bagian besar, yaitu proses pemasakan kedelai dan dilanjutkan dengan proses fermentasi. Adapun tahapan-tahapan dalam pembuatan tempe (BSN, 2012).



Gambar 2.3 Proses Pembuatan Tempe
Sumber : (BSN, 2012)

Berikut adalah penjelasan pada gambar 2.3 di atas :

- a. Biji kedelai dicuci dengan air yang mengalir. Proses pencucian pertama menghasilkan limbah cair berupa air yang digunakan pada proses pencucian pertama dan limbah padat berupa kotoran dan kedelai yang rusak.
- b. Biji kedelai yang sudah bersih ke dalam panci berisi air, kemudian direbus selama 30 menit atau sampai mendekati setengah matang. Proses perebusan pertama menghasilkan limbah cair berupa air yang digunakan pada proses perebusan pertama.
- c. Kedelai yang sudah direbus direndam selama semalam hingga menghasilkan kondisi asam, air yang dihasilkan dari proses perendaman merupakan limbah cair yang memiliki tingkat kekentalan yang tinggi.
- d. Keesokan harinya, kulit arinya dikupas. Caranya, kedelai dimasukkan ke dalam air, kemudian remas-remas sambil dikuliti hingga akhirnya didapatkan keping-keping kedelai.
- e. Keping kedelai dicuci sekali lagi, dengan cara yang sama seperti mencuci beras yang hendak ditanak. Proses pencucian kedua menghasilkan limbah cair berupa air yang digunakan pada proses pencucian kedua dan limbah padat berupa kulit kedelai yang terkelupas setelah proses penggilingan.

- f. Keping kedelai dimasukkan ke dalam dandang lalu ditanak, mirip seperti menanak nasi, proses pencucian kedua ini juga menghasilkan limbah cair.
- g. Setelah matang, angkat, lalu dihamparkan tipis-tipis di atas tampah. Ditunggu sampai dingin, airnya menetes habis dan keping kedelai mengering.
- h. Proses selanjutnya adalah menambahkan ragi. Pemberian ragi pada kedelai dicampurkan sambil diaduk hingga merata. Ukurannya, 1 kg kedelai menggunakan sekitar 1 gram ragi.
- i. Bungkus kedelai yang sudah bercampur rata dengan ragi menggunakan daun pisang atau plastik.
- j. Peram bungkus kedelai. Bila pembungkusnya berupa plastik, pemeraman dilakukan di atas kajang-kajang bambu yang diletakkan pada rak-rak. Bila pembungkusnya berupa daun, pemeraman dilakukan pada keranjang bambu yang ditutup goni.
- k. Sesudah diperam semalaman, dilakukan penusukan dengan lidi. Tujuannya agar udara segar dapat masuk ke dalam bahan tempe. Peram lagi semalaman, keesokan harinya tempe yang dibuat telah jadi dan siap dikonsumsi.

E. Pengolahan Limbah Cair Tempe

Limbah industri dalam prinsip hierarki pengelolaannya diklasifikasikan menjadi enam cara yaitu mencegah, pengurangan sumber air limbah melalui modifikasi pabrik pengolahan, menggunakan kembali, mendaur ulang atau pengolahan limbah menjadi produk untuk nilai menambah ekonomi, proses pemulihan dan menetralkan komponen limbah yang tidak diinginkan. Jika pengelolaan limbah dapat sempurna akan membuat proses produksi lebih efisien dan pencemaran bisa dikurangi (Arief, 2016).

Limbah tempe menghasilkan limbah berupa padat dan cair. Limbah padat kulit kedelai dan ampas perasan kedelai dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Sedangkan limbah cair pada proses pembuatan tempe, yang biasanya masih mengandung protein tinggi, dan apabila dibuang langsung ke sungai atau saluran air dan terkena panas matahari akan menimbulkan bau serta menyebabkan badan air tercemar.

Limbah cair tempe berasal dari proses pencucian kedelai, proses perebusan, perendaman ataupun pemasakan. Dalam konsentrasi tertentu kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia sehingga perlu adanya penanganan terhadap limbah. Limbah cair tempe memiliki kandungan senyawa organik yang sangat tinggi dan perubahan sifat fisik warna, busa, endapan, bau yang sangat menyengat. Sehingga dibutuhkan cara untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan oleh limbah cair tempe

tersebut. Diantaranya dengan cara pengolahan limbah tempe dengan metode fitoremediasi (Farisni et al., 2022).

F. Parameter Limbah Kedelai

1. BOD (*Biologycal Oxygen Demand*)

BOD (*Biologycal Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram/liter (mg/l) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut dapat jernih kembali. Untuk itu semua diperlukan waktu 100 hari pada suhu 20. Akan tetapi jika di laboratorium diperlukan waktu 5 hari yang dikenal sebagai BOD₅ (Sugiharto, 1987).

Tingginya kadar BOD pada air limbah industri kedelai disebabkan karena limbah cair industri tempe memiliki karakteristik yang mengandung sejumlah besar bahan organik yaitu protein, karbohidrat, lemak dimana zat-zat organik tersebut yang menyebabkan tingginya kadar BOD.

Penurunan kadar BOD yang disebabkan oleh adanya proses fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dimulai pada proses Rhizofiltration yaitu proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar yang mampu menyerap kemudian mengalami translokasi ke batang dan daun atau diteruskan keseluruhan tanaman. Penurunan kadar BOD juga disebabkan oleh bertambahnya oksigen dalam air limbah karena adanya suplai oksigen dari hasil fotosintesis tanaman (Hartanti et al., 2014). Menurut Haberl dan Langergraber

dalam (Hartanti et al., 2014) proses fotosintesis tanaman memungkinkan adanya pelepasan oksigen pada daerah perakaran yang menyebabkan daerah perakaran kaya akan oksigen, sehingga memudahkan mikroba aerob untuk mereduksi senyawa organik dalam kondisi aerobik sehingga akan menurunkan nilai kadar BOD.

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD atau (*Chemical Oxygen Demand*) adalah total kebutuhan atau jumlah oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan untuk mengurai kandungan organik maupun anorganik dalam air. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air, maka konsentrasi COD dalam air harus memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan agar tidak mencemari lingkungan (Ethica, 2020).

Tingginya nilai COD disebabkan adanya degradasi bahan organik maupun anorganik dari limbah yang dihasilkan. Dampak dari tingginya kandungan COD dalam air limbah dapat menyebabkan tidak adanya kehidupan biota air. Penurunan kadar COD memiliki faktor yang sama dengan penurunan yang terjadi pada BOD dimana disebabkan oleh penyerapan yang dilakukan oleh akar tanaman eceng gondok dan adanya suplai oksigen dari hasil proses fotosintesis tanaman eceng gondok selama proses fitoremediasi.

3. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Bagian yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi (Tarigan, 2019).

Tingginya kadar TSS pada limbah cair tempe dikarenakan limbah mengandung sisa-sisa padatan kedelai yang belum tersaring sempurna karena proses pengolahannya masih secara tradisional, sehingga hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya pengendapan. Misalnya pada air sungai akan membentuk lumpur yang dapat mengganggu aliran sungai serta menyebabkan pendangkalan sungai (Yuliyanti, 2019).

Penurunan nilai kadar TSS dipengaruhi oleh kemampuan dari tanaman eceng gondok dalam melakukan penyerapan dan transpirasi. Transpirasi ini dipengaruhi oleh permukaan daun tanaman dimana terjadi karena adanya penguapan air dari permukaan sel mesofil yang basah dan uapnya akan keluar melalui stomata yang terdapat pada permukaan daun Siswoyo 2009 dalam (Novita et al., 2020). Sedangkan menurut Nurhayati 1999 dalam (Ahmad & Adiningsih, 2019) penurunan TSS disebabkan karena tanaman eceng gondok

sangat peka terhadap keadaan yang unsur haranya di dalam air kurang mencukupi tetapi memiliki respon terhadap konsentrasi unsur hara yang tinggi. Tanaman eceng gondok memiliki akar berupa serabut yang penuh dengan bulu-bulu akar, bulu-bulu akar dimana berfungsi sebagai pegangan atau jangkar dan sebagian besar berguna untuk mengabsorpsi zat-zat organik dan sisa bahan makanan dalam air.

4. pH

pH adalah konsentrasi ion hidrogen yang merupakan derajat keasaman atau ukuran dari kualitas air maupun air limbah. Kadar yang baik pada air dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah yang memiliki konsentrasi tidak netral akan menyulitkan pada proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik pada air adalah 7. Semakin rendah nilai pH pada air maka akan menyebabkan air tersebut asam (Sugiharto, 1987).

Kenaikan kadar pH disebabkan karena senyawa organik yang diserap atau diikat oleh tanaman eceng gondok selama proses fitoremediasi sehingga memudahkan mikroba dalam proses mereduksi bahan kimia berbahaya dalam air limbah menjadi air atau gas yang tidak berbahaya sehingga akan menaikkan kadar pH (Hartanti et al., 2014). Sedangkan menurut Kordi 2007 dalam (Putra Manasika, 2015) menyatakan bahwa fluktuasi kadar pH banyak

dipengaruhi oleh kandungan CO_2 dalam perairan didapatkan dari aktifitas respirasi biota air dan fotosintesis tanaman eceng gondok. Pada malam hari biota air akan mengalami respirasi menghasilkan CO_2 respirasi tersebut secara bertahap akan menyebabkan pelepasan ion H^+ di dalam air yang akan menyebabkan nilai pH turun. Sedangkan pada siang hari terjadi proses fotosintesis oleh tanaman yang menyerap CO_2 yang menyebabkan pH akan naik.

Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Pengolahan Kedelai :

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah

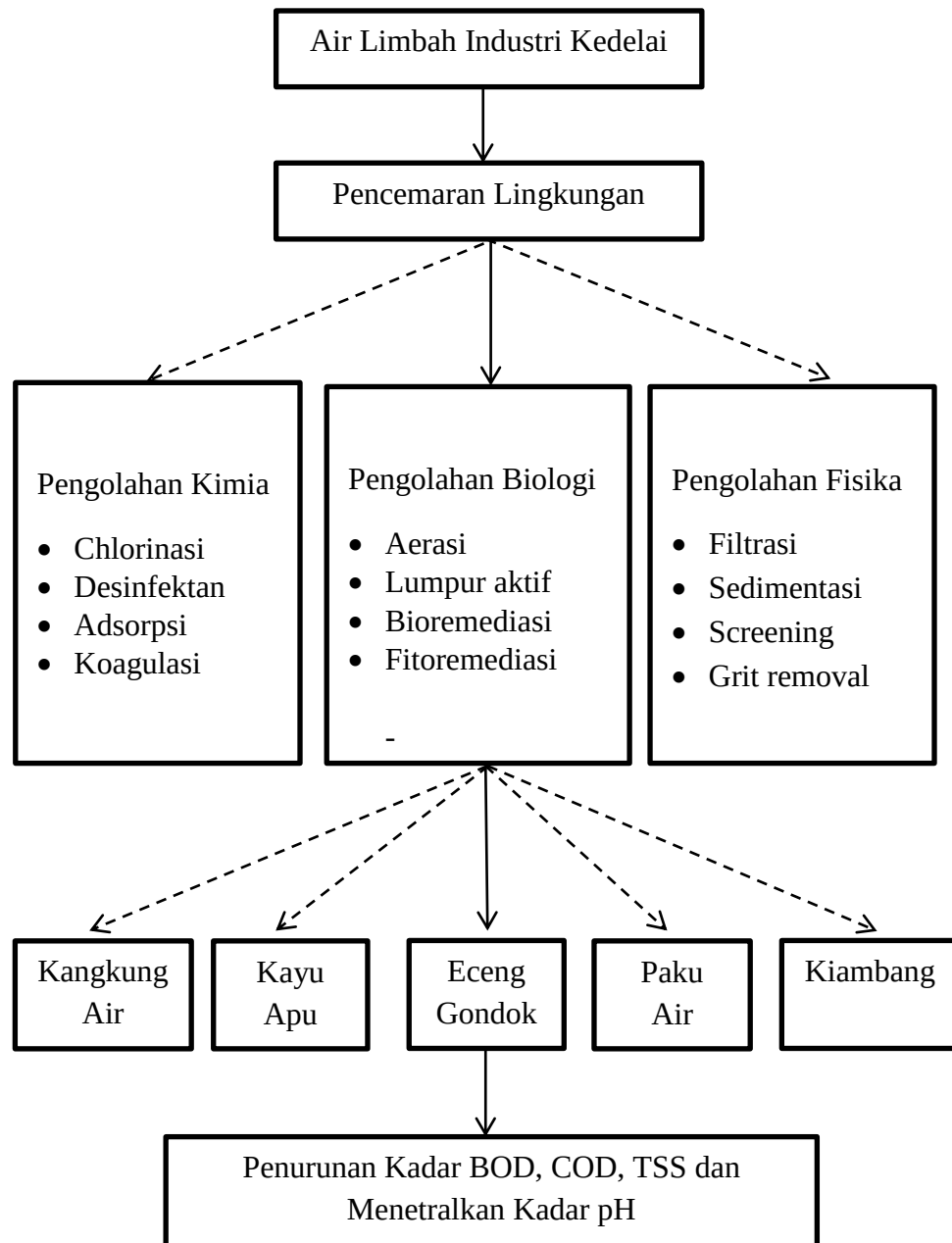
Parameter	Tahu		Tempe	
	Kadar Maks (mg/L)	Bahan Pencemaran Maks (kg/ton)	Kadar Maks (mg/L)	Bahan Pencemaran Maks (kg/ton)
BOD	150	3,0	150	1,50
COD	300	6,0	300	3,00
TSS	100	2,0	100	1,00
pH	6-9		6-9	
Debit Maks	20 m ³ /ton bahan baku		10 m ³ /ton bahan baku	

Berdasarkan Peraturan Gubernur Lampung Nomor 7 Tahun 2010.

Catatan :

1. Usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai adalah usaha dan/kegiatan yang memanfaatkan kedelai sebagai bahan baku utama yang tidak bisa digantikan dengan bahan lain.
2. Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per liter air limbah.
3. Beban pencemaran maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam kg parameter perton bahan baku.

G. Kerangka Teori

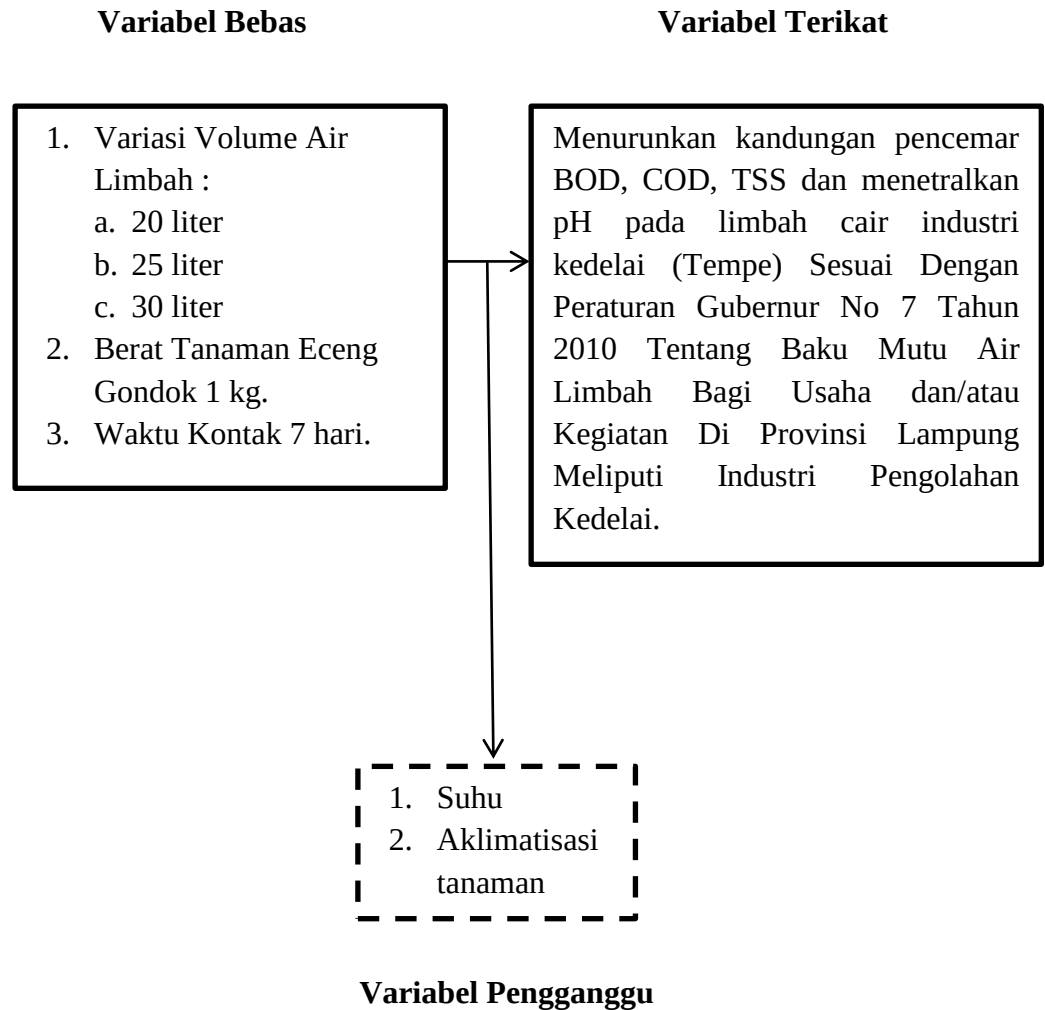


Gambar 2.4 Kerangka Teori
 Sumber : Modifikasi dari (Simbolon et al., 2020),
 (Saptati & Himma, 2018) dan (Kadek et al., 2020)

Keterangan :

- : tindakan yang dilakukan penelitian
- : tidak dilakukan tindakan penelitian

H. Kerangka Konsep



Gambar 2.4 Kerangka Konsep

I. Hipotesis

1. H_0 : Tidak ada hubungan antara perlakuan fitoremediasi tanaman eceng gondok terhadap penurunan kadar BOD, COD, TSS dan menetralkan pH pada limbah cair industri tempe.
2. H_a : Adanya hubungan antara perlakuan fitoremediasi tanaman eceng gondok terhadap penurunan kadar BOD, COD, TSS dan menetralkan pH pada limbah cair industri tempe.