

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah

1. Pengertian Limbah

Limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan berupa zat, energi, dan atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan atau merusak lingkungan hidup, dan membahayakan lingkungan hidup baik secara kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain (Mulyani, 2016). Menurut Kristanto dalam Ahmayanti (2018) limbah adalah buangan yang kehadirannya suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Kualitas limbah menunjukkan spesifikasi limbah yang diukur dari jumlah kandungan bahan pencemar di dalam limbah. Kandungan pencemar di dalam limbah terdiri dari beberapa parameter. Semakin kecil jumlah parameter dan semakin kecil konsentrasinya, menunjukkan semakin kecil peluang untuk terjadinya pencemaran lingkungan.

Menurut Kharisma dalam Nikmatusya'ban (2016) berdasarkan komponen penyusunnya limbah dibedakan menjadi dua yaitu limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik adalah limbah yang berasal dari bagian organisme yang mudah terurai, sedangkan limbah

anorganik merupakan limbah yang umumnya sulit dan atau tidak bisa untuk diuraikan oleh mikroorganisme sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama seperti plastik dan kaleng.

2. Jenis Limbah

Wujud limbah dapat dilihat oleh manusia. Limbah menurut wujudnya dibedakan menjadi tiga yaitu limbah padat, limbah cair dan limbah gas dengan penjelasan sebagai berikut (Megawati, 2015):

a. Limbah Padat

Limbah padat adalah limbah buangan industri yang berupa padatan. Limbah padat biasa disebut sebagai sampah. Contoh limbah padat organik mudah membusuk yaitu sampah sisa makanan, sampah sayuran, kulit buah-buahan, dan dedaunan. Contoh limbah padat yang tidak mudah membusuk adalah kertas, kain, batang kayu, besi-besi tua, dan sampah kaleng.

b. Limbah Cair

Limbah cair adalah limbah yang berwujud cairan, yang mana berupa air yang tercampur dengan bahan buangan lainnya atau yang terlarut dalam air. Contoh limbah cair domestik adalah air sabun, air cucian, tinja, dan sisa makanan yang berwujud cair. Contoh limbah cair industri adalah cairan sisa proses produksi yang berupa zat kimia, cairan untuk pelumas mesin-mesin di industri, dan cairan-cairan lainnya hasil kegiatan industri. Air hujan yang

tercemar diakibatkan dari pencemaran udara yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil dari zat-zat pencemar udara.

c. Limbah Gas

Limbah gas adalah limbah yang berasal dari udara yang tercemar akibat penggunaan bahan bakar fosil. Contoh limbah gas adalah penggunaan bensin, solar, minyak tanah, dan sebagainya. Limbah gas sangat mempunyai pengaruh negatif yang besar terhadap kehidupan manusia. Hal ini dikarenakan manusia setiap detik dan menit selalu menghirup udara, dimana kondisi ini dapat mempengaruhi kesehatan manusia karena mengganggu pernapasan manusia. Solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi limbah gas adalah dengan menanam pepohonan dan mengurangi penggunaan bahan yang menghasilkan limbah gas.

B. Pengertian Limbah Cair Isotonik

Limbah industri pada umumnya dihasilkan akibat dari sebuah proses produksi yang menghasilkan bahan baku atau produk yang dapat dimanfaatkan langsung oleh konsumen (Megawati, 2015). Limbah cair yang dihasilkan dari produksi minuman isotonik menghasilkan limbah organik karena bahan baku yang digunakan memakai gula dan perasa makanan. Sumber limbah cair minuman isotonik terjadi saat proses produksi berlangsung terdapat monitoring terhadap produk untuk mengantisipasi kerusakan atau kecacatan produk. Apabila terdapat produk

yang tidak sesuai standar akan dipisahkan dan dimasukkan ke dalam penampungan limbah cair.

Adapun sumber limbah cair lainnya berasal dari proses pembersihan alat produksi minumanan isotonik. Proses pembersihan atau disebut *Cleaning In Place* (CIP) memiliki tiga tipe pembersihan. Terdapat pembersihan harian, mingguan dan bulanan. Pembersihan ini umumnya menggunakan air panas untuk mensterilkan alat produksi yang kemudian dibilas dengan air sumur dan ditambahkan bahan kimia untuk memaksimalkan pembersihan alat. Air hasil proses pembersihan ini nantinya akan masuk ke dalam tempat penampung limbah yang akan disatukan dengan limbah proses produksi.

1. Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair memiliki karakteristik secara fisik, kimia dan biologi. Adapun berikut penjelasan karakter limbah cair menurut Nisa (2021):

a. Sifat Fisik

- 1) *Total Solid* (TS) merupakan padatan di dalam air yang terdiri dari bahan organik maupun anorganik yang larut, mengendap, atau tersuspensi dalam air.
- 2) *Total Dissolved Solid* (TDS) yaitu total impurities yang terlarut di dalam air, berupa natrium klorida, kalsium bikarbonat, kalsium sulfat, dan magnesium bikarbonat.

- 3) *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan total impurities yang tidak terlarut di dalam air, menyebabkan air keruh, dan mikroorganisme penyebab bau dan rasa serta memiliki ukuran lebih besar dari 2 mikron.
- 4) Warna air pada dasarnya bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman.
- 5) Kekeruhan disebabkan karena ada partikel koloid yang terdiri dari kwartz, tanah liat, sisa bahan-bahan industri, protein dan ganggang yang terdapat dalam limbah.
- 6) Kenaikan temperatur air menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap.
- 7) Bau merupakan parameter yang subjektif. Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah dan mengeluarkan gas-gas seperti sulfida dan amoniak.

b. Sifat Kimia

- 1) *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/l yang dipergunakan untuk menguraikan bahan organik oleh mikroorganisme.
- 2) *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/l yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi.

- 3) *Dissolved Oxygen* (DO) adalah kadar oksigen terlarut. Oksigen terlarut digunakan sebagai derajat pengotoran limbah yang ada. Semakin besar oksigen terlarut, maka derajat pengotoran semakin kecil.
- 4) Ammonia (NH_3) adalah penyebab iritasi dan korosi, meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme dan mengganggu proses desinfeksi dengan chlor. Dalam larutan, HOCl bereaksi dengan ammonia dan membentuk khloramin.
- 5) *Potential Hydrogen* (pH) dapat mempengaruhi kehidupan biologi dalam air dimana pH normal untuk kehidupan air adalah 6– 8.
- 6) Logam berat, bila konsentrasinya berlebih dapat bersifat toksik sehingga diperlukan pengukuran dan pengolahan limbah yang mengandung logam berat.
- 7) Gas methan, terbentuk akibat penguraian zat-zat organik dalam kondisi anaerob pada air limbah. Gas ini dihasilkan lumpur yang membusuk pada dasar kolam, tidak berdebu, tidak berwarna dan mudah terbakar.
- 8) Minyak dan lemak yang terdapat dalam limbah bersumber dari industri yang mengolah bahan baku mengandung minyak. Minyak lemak bersumber dari proses klasifikasi dan proses perebusan. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air

sehingga membentuk selaput sehingga menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air.

c. Sifat Biologi

Karakteristik biologi digunakan untuk mengukur kualitas air terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih. Parameter yang biasa digunakan adalah banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah berupa bakteri, virus, jamur, protista, ganggang, plankton, bentos, dan lainnya.

2. Baku Mutu Limbah Cair

Baku mutu air limbah adalah ukuran batasan atau kadar unsur pencemar dan jumlah unsur pencemar yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha atau kegiatan (Nisa, 2021). Limbah cair yang dibuang ke sungai harus yang tidak mencemari lingkungan untuk menjaga makhluk hidup yang terdapat disekitarnya. Pengolahan limbah cair dimaksudkan untuk menurunkan kadar limbah cair menjadi sesuai dengan baku mutu yang sesuai. Pengukuran kualitas limbah cair didasarkan pada parameter baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Dalam peraturan tersebut disebutkan baku mutu dari berbagai industri salah satunya adalah industri minuman ringan. Berikut adalah ketentuan baku mutu dari industri minuman ringan dengan penambahan kadar COD.

Tabel 2.1
Parameter Baku Mutu Industri Minuman Ringan

Parameter	Kadar Maksimum
BOD	50 mg/l
COD	100 mg/l
TSS	30 mg/l
Minyak dan lemak	6 mg/l
pH	6-9

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah

C. Dampak Kesehatan

Pembangunan adalah upaya menggunakan sumber daya alam untuk mensejahterakan kehidupan masyarakat. Semakin besar kebutuhan akan sumber daya digunakan maka daya dukung terhadap kualitas lingkungan akan menurun yang menyebabkan ekosistem akan terganggu. Meningkatnya sektor industri akan menambah beban pencemaran terhadap lingkungan meliputi perairan, udara dan tanah yang diakibatkan limbah hasil industri. Semakin lama dan besarnya jumlah limbah yang dibuang akan mengurangi kemampuan alam untuk melakukan *self purification* karena ekosistem yang terganggu dan tidak mampu menahan beban limbah yang besar (Mulyani & Rijal, 2018).

Saat ini penyebab kerusakan lingkungan hidup adalah adanya pencemaran limbah yang dapat menyebabkan penyakit kepada umat manusia. Tidak adanya penanganan yang dilakukan terhadap buangan limbah cair akan menyebabkan terganggunya ekosistem sungai. Ikan banyak yang mati, perubahan warna air, menimbulkan bau yang tidak sedap, meningkatkan pertumbuhan nyamuk, pemandangan terganggu, dan

menurunkan estetika lingkungan. Dampak negatif lainnya terhadap lingkungan adalah limbah cair yang menyerap ke dalam tanah akan mempengaruhi kualitas air sumur disekitar tempat pembuangan limbah yang berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat sekitar pembuangan limbah. (Kurniawansyah *et al.*, 2022).

Kualitas air tanah yang tercemar akan menyebabkan air menjadi bau, mengalami kekeruhan, serta terdapat bakteri *E. coli* dan *Coliform*. Air yang menjadi asam dapat menyebabkan korosi pada pipa logam, sedangkan air alkali menunjukkan desinfeksi dalam air. Salah satu persyaratan kesehatan rumah tinggal berdasarkan ketentuan rumah sehat menurut Kepmenkes No. 829/Menkes/SK/VII/1999 adalah sebagai berikut: Tersedia sarana penyediaan air bersih dengan kapasitas minimal 60 liter/orang/hari dan kualitas air harus memenuhi persyaratan kesehatan air bersih dan/atau air minum menurut Permenkes 416 tahun 1990 dan Kepmenkes 907 tahun 2002. Terdapat parameter fisik, kimia dan biologi dalam suatu air bersih maupun air minum. Kualitas air bersih akibat limbah domestik dan industri dapat dianalisis berdasarkan parameter fisik seperti bau, suhu, kekeruhan, rasa, dan warna. Parameter biologi seperti adanya bakteri total coliform. Kondisi sanitasi lingkungan yang tidak memenuhi syarat dalam penyediaan air bersih sehingga menjadi faktor risiko terhadap penyakit diare, tifus, kolera, dan hepatitis. Berdasarkan data dari Dinas Kesehatan Kota Kediri (2015) dimana telah ditemukan 108 kasus diare di Kelurahan Bandar Kidul.

Diduga kadar polutan di dalam sumur warga telah melebihi ambang batas baku mutu lingkungan. (Prasetyo & Kusuma, 2021; Widiyanto *et al.*, 2015).

D. Pengolahan Limbah Cair

Air tanah masih menjadi pemasok utama pemenuhan kebutuhan air khususnya untuk konsumsi sehari-hari. Ketersediaan air tanah yang melimpah dan kemudahan untuk mendapatkannya sangat sesuai dengan kebutuhan masyarakat saat ini. Kualitas air merupakan aspek yang sangat mutlak untuk air layak konsumsi, baik untuk kebutuhan masak ataupun minum. Pencemaran air adalah ancaman yang banyak dikhawatirkan oleh manusia karena air merupakan sumber kehidupan. Timbulnya pencemaran air tanah akibat kemajuan industri akan mempengaruhi daya dukung lingkungan terhadap makhluk hidup (Naslilmuna *et al.*, 2018).

Limbah merupakan hasil samping dari proses produksi dalam industri yang tidak mempunyai nilai ekonomi, bahkan merugikan karena dapat mencemari lingkungan. Berdasarkan karakteristiknya limbah dapat digolongkan menjadi empat jenis yaitu limbah padat, limbah cair, limbah gas dan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Jenis limbah yang paling sering menjadi permasalahan di Indonesia adalah adanya limbah cair. Limbah cair merupakan limbah yang berwujud cair hasil buangan dari proses industri yang dibuang dan mencemari lingkungan. Pengolahan limbah diperlukan untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah guna menghilangkan atau mengurangi sifat bahaya limbah serta

memastikan bahwa limbah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga aman untuk dibuang (Pasetia *et al.*, 2020).

1. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan salah satu sistem struktur yang dirancang untuk membuang limbah biologis dan kimiawi pada air buangan, sehingga memungkinkan air dapat digunakan pada aktivitas yang lain. Sistem pertumbuhan melekat atau biofilter dalam pengolahan air limbah rumah tangga, menggunakan media tempat berkembangnya mikroorganisme pengurai polutan air limbah, yang dapat berupa media alamiah atau media sintetis. Sistem pertumbuhan melekat atau sistem biofilter dengan kombinasi proses pertumbuhan tersuspensi dan melekat dapat menggunakan media diam terendam (*fixed film packing*) maupun media terfluidisasi. Proses tersebut dapat dilakukan dalam kondisi aerobik, anaerobik atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses aerobik dilakukan dengan kondisi adanya oksigen terlarut dan proses anaerobik dilakukan tanpa adanya oksigen dalam reaktor air limbah. Proses biofilter Anaerob bersifat mengurai polutan organik yang ada dalam air limbah menjadi gas karbon dioksida dan metan sehingga penurunan kandungan BOD, COD, TSS. Sedangkan proses biofilter Aerob adalah proses lanjutan setelah proses biofilter anaerob yang akan mengurai kembali sisa polutan organik menjadi gas karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂ O),

amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat dan gas H₂S akan di rubah menjadi sulfat (Rohana & Umar, 2020).

2. Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan teknologi remediasi yang memanfaatkan kemampuan tumbuhan dan energi matahari sebagai teknologi pembersih yang ramah lingkungan (Sukono *et al.*, 2020). Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan air untuk menghilangkan kontaminan berbahaya seperti logam berat, senyawa organik dan anorganik dari lingkungan. Keunggulan fitoremediasi dengan teknologi pengolahan limbah lain adalah proses yang berlangsung secara alami, adanya sinergi antara tumbuhan, mikroorganisme, matahari dan lingkungan sehingga biaya yang digunakan relatif lebih rendah dibandingkan metode lainnya. Tumbuhan dalam fitoremediasi digunakan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan dan menghancurkan bahan senyawa organik dan anorganik (Nirmala *et al.*, 2016).

Mekanisme dari fitoremediasi menurut Nisa (2021) terdiri dari beberapa tahap dalam mereduksi berbagai bahan pencemar diantaranya:

a. *Phytoaccumulation (phytoextraction)*

Proses tumbuhan dalam menarik zat kontaminan dalam tanah atau air untuk diakumulasikan ke sekitar akar tumbuhan kemudian diteruskan ke bagian tumbuhan seperti akar, batang dan

daun. Kontaminan dapat dihilangkan dengan memanen tanaman. Dalam Sukono, *et al.* (2020), keuntungan dari fitoekstraksi adalah biaya yang murah, kontaminan dapat dikurangi atau dihilangkan secara permanen dari tanah, polutan diserap hingga berkurang 95% dan kontaminan dapat di daur ulang.

b. *Rhizofiltration* (*rhizo*: akar)

Proses akar tumbuhan dalam menyerap zat kontaminan agar menempel pada akar. Metode ini merupakan metode adsorpsi atau pengendapan ke akar tanaman atau penyerapan kontaminan dalam larutan yang mengelilingi zona akar. Keuntungan metode ini tanaman darat dan air mampu untuk diaplikasikan secara in-situ dan ex-situ, kontaminan tidak harus dipindahkan ke tunas, tanaman testrial yang memiliki sistem perakaran berserat dan panjang lebih baik digunakan. Kekurangan metode ini penyesuaian pH, desain wadah harus direkaysa dengan baik, pemanenan berkala dan pembuangan tanaman (Sukono *et al.*, 2020).

c. *Phytostabilization*

Proses tumbuhan dalam menarik zat-zat kontaminan tertentu ke bagian akar tanaman karena tidak dapat diteruskan ke bagian lain tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.

d. *Rhizodegradation*

Proses tumbuhan yang memanfaatkan aktivitas mikroba di sekitar akar tumbuhan untuk menguraikan zat-zat kontaminan.

e. *Phytodegradation (phyto transformation)*

Proses penyerapan polutan oleh tumbuhan untuk metabolisme tanaman. Proses ini terjadi pada daun, batang, akar ataupun disekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan tumbuhan itu sendiri.

f. *Phytovolatilization*

Proses penyerapan tumbuhan dan mengubahnya menjadi bersifat volatile agar tidak berbahaya ketika diuapkan ke atmosfer.

E. Tanaman Air

Tanaman air adalah tanaman yang memiliki habitat yaitu di air atau lingkungan yang memiliki kelembapan tinggi. Tanaman air memiliki peran sebagai penyerap partikel dan mineral di perairan, kemudian sebagai aerator melalui proses fotosintesis, mengatur aliran air, serta membersihkan air yang tercemar (Nikmatusya'ban, 2016).

Menurut Dhir dalam Nikmatusya'ban (2016) tanaman memiliki mekanisme untuk memperoleh mikronutrien penting dari lingkungan. Penyerapan kontaminan secara organik dan anorganik tidak sama. Penyerapan senyawa anorganik (bentuk ionik atau kompleks) melalui mekanisme penyerapan aktif atau pasif di dalam tanaman, sedangkan

penyerapan secara organik diatur oleh hidrofobik dan polaritas. Penyerapan polutan oleh akar tanaman berbeda antara senyawa organik dan anorganik. Serapan kontaminasi anorganik difasilitasi oleh membrane transporter, sementara penyerapan kontaminan organik didorong oleh difusi sederhana berdasarkan sifat kimia. Kontaminan yang telah diasimilasi dan diserap, kemudian diubah dan didetoksifikasi oleh berbagai reaksi biokimia di dalam sistem tanaman menggunakan mekanisme enzimatik.

Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) merupakan tanaman yang hidup diperairan seperti rawa-rawa, sungai, danau dan air yang tenang. Klasifikasi kayu apu menurut The plants list dalam Nisa (2021) adalah sebagai berikut;

1. Kingdom : Plantae
2. Super Divisi : Spermatophyta
3. Divisi : Magnoliophyta
4. Kelas : Liliopsida
5. Ordo : Arales
6. Family : Araceae
7. Genus : Pistia
8. Spesies : *Pistia stratiotes* L.



Gambar 2.1 Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

Tumbuhan Kayu Apu dikenal sebagai gulma air yang mirip dengan kol, mengapung di air atau dikenal dengan *floating plant*. Tanaman ini mengambang dipermukaan air dan akarnya menggantung terendam di bawah daun mengambang. Ukuran daunnya mencapai 14 cm dan tidak memiliki batang, berwarna hijau muda, dengan urat paralel, berdaun tunggal, berbentuk solet menyerupai mawar, ujung membulat, pangkalnya runcing, tepi daun berlekuk dengan panjang sekitar 2-10 cm, lebarnya 2-6 cm dengan pertulangan sejajar (monokotil) memiliki tinggi sekitar 5-10 cm. Pertumbuhan optimal pada temperatur 22–30°C dan pertumbuhan maksimal pada suhu 35°C. Tumbuhan ini tumbuh baik pada pH 6–7 dengan memanfaatkan bentuk akar serabut (Nisa, 2021; Fadilah, 2017).

Menurut Fachrurozi *et al.* dalam Dewi, *et al.*, (2021), tanaman kayu apu memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar senyawa organik maupun anorganik pada limbah cair. Kayu apu juga dimanfaatkan sebagai pembersih air sungai yang kotor karena akar dari tanaman kayu apu dapat mengikat lumpur yang berada di sungai. Tumbuhan kayu apu mampu

menurunkan kadar COD, BOD, TSS, pH serta minyak dan lemak (Akely *et al.*, 2020). Salah satu bentuk adaptasi kayu apu sebagai tanaman air yaitu hanya memiliki stomata pada bagian abaksial (atas) saja, berbeda dengan eceng gondok yang memiliki stomata pada bagian abaksial dan adaksial. Kayu apu memiliki permukaan daun yang lebar untuk mempercepat proses transpirasi, semakin lebar daun maka akan semakin banyak jumlah stomatanya, sehingga proses transpirasi akan semakin cepat pula. Daun tanaman kayu apu tidak memiliki lapisan lilin karena keberadaan lapisan lilin dapat menghambat proses transpirasi (Sari & Herkules dalam Dewi, *et al.*, 2021).

Secara fisiologis tumbuhan Kayu Apu memiliki kandungan fitokelatin yang dapat digunakan untuk menyerap bahan radioaktif seperti logam berat. Fitokelatin berfungsi membentuk senyawa kompleks dengan logam berat dalam tubuh tumbuhan dan berfungsi sebagai detoksifikasi terhadap tumbuhan dari logam berat. Ketika tumbuhan tidak dapat mensintesis fikokelatin maka pertumbuhan tumbuhan akan terhambat dan berujung pada kematian (Djo *et al.*, dalam Nisa, 2021).

Tumbuhan kayu apu selain memiliki akar serabut yang dapat menjadi tempat menempelnya koloid yang melayang di air juga banyak menghasilkan oksigen hasil proses fotosintesis. Tumbuhan tidak akan dapat melakukan fotosintesis ketika tanpa adanya cahaya matahari. Selain faktor luar, (CO₂, intensitas cahaya dan suhu) yang mempengaruhi laju fotosintesis, faktor dalam yang juga penting dalam mengontrol proses ini

adalah konsentrasi klorofil, defisit air dan konsentrasi enzim (Zahara & Fuadiyah, 2021). Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk merombak zat organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrient (Hariyanti, 2016).

Mekanisme penyerapan tumbuhan kayu apu dalam menyerap polutan adalah sebagai berikut:

1. Penyerapan Pada Akar

Polutan yang larut dalam air diambil dan diakumulasikan pada bagian akar. Akar tumbuhan kayu apu yang serabut menjadi tempat menempelnya koloid yang melayang di air.

2. Penguraian Polutan oleh Mikroorganisme dan Tumbuhan

Adanya oksigen membantu mikroorganisme dalam menguraikan polutan. mikroorganisme melakukan proses perombakan bahan organik menjadi senyawa sederhana yaitu, asam amino dan asam lemak (asam organik) hingga diperoleh amonia, nitrat, nitrit dan nitrogen. Sedangkan bahan anorganik (mineral), amonia dan nitrogen diserap oleh akar-akar tumbuhan kayu apu sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya, sehingga merupakan asosiasi yang saling menguntungkan (Roni, 2020). Polutan yang telah diserap akan diuraikan melalui proses metabolisme tumbuhan secara enzimatik.

3. Proses Transpirasi Polutan

Polutan yang telah diuraikan selanjutnya akan di transfusikan ke bagian daun untuk diubah menjadi uap dan dibuang ke atmosfer.

F. Parameter Pengganggu

1. *Potential Hydrogen (pH)*

PH adalah parameter yang menyatakan derajat keasaman untuk menentukan asam dan basa suatu larutan (Fattayat, 2022). PH terdiri dari skala 0-14 sehingga pH 0-7 adalah asam dan pH 7-14 adalah basa, sedangkan pH 7 adalah keadaan netral. Kondisi pH normal berada pada pH 6-8 yang memungkinkan terjadinya kehidupan biologis didalam air. Sebaliknya apabila kondisi pH menjauhi keadaan normal atau terdapat masalah maka akan menyulitkan kehidupan biologis di dalam air. Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan kertas lakmus atau pH meter (Fadilah, 2017; Fattayat, 2022; Nisa, 2021).

2. Suhu

Menurut Efendi dalam Rahmawan *et al.*, (2019) suhu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap proses fitoremediasi pertumbuhan tanaman serta proses dekomposisi bahan organik. Suhu optimum untuk pertumbuhan tumbuhan yaitu sekitar 25-30°C. Suhu lingkungan secara tidak langsung akan mempengaruhi evaporasi dan evapotranspirasi. Peningkatan suhu akan berpengaruh terhadap tingkat penyerapan, karena suhu berkaitan dengan metabolisme dan fotosintesis tumbuhan.

Menurut Hidayat dalam Ikawati, semakin tinggi suhu lingkungan, maka kemampuan tanaman dalam menyerap ion akan semakin meningkat. Suhu 25-30°C merupakan suhu yang optimum untuk proses fitoremediasi tumbuhan air. Selain mempengaruhi laju transpirasi, suhu juga mempengaruhi kadar oksigen dalam air (Rahayuningtyas *et al.*, 2018).

3. Cahaya Matahari

Sinar dari matahari merupakan sumber energi penting bagi kehidupan manusia, dan dalam proses pertumbuhan tanaman, sinar matahari sangat diperlukan (Zannah *et al.*, 2023). Intensitas cahaya matahari dapat memberikan pengaruh primer pada fotosintesis, dan juga memberikan pengaruh sekundernya pada morfogenetik. Faktor eksternal yang dapat menunjukkan pengaruh primer ketika proses fotosintesis adalah cahaya. Pada proses fisiologi tanaman cahaya memiliki pengaruh yang sangat besar, contohnya pada saat respirasi, pertumbuhan pembungaan, saat penutupan stomata serta saat terjadinya pertumbuhan dan perkecambahan pada tanaman (Zahara & Fuadiyah, 2021).

G. Parameter Penelitian

1. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD merupakan jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mendegradasi bahan-bahan organik secara kimia dalam air.

Penurunan COD menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur merupakan bahan-bahan yang tidak dapat dipecah secara biokimia (Fattayat, 2022).

2. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD merupakan jumlah oksigen terlarut dalam air yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam melakukan dekomposisi ataupun degradasi terhadap bahan organik yang dilakukan secara aerob. Semakin tinggi kadar BOD dalam air maka semakin berat beban mikroorganisme dalam melakukan pertumbuhan dan metabolisme untuk mendukung dekomposisi bahan organik (Fadilah, 2017).

3. *Total Suspended Solid (TSS)*

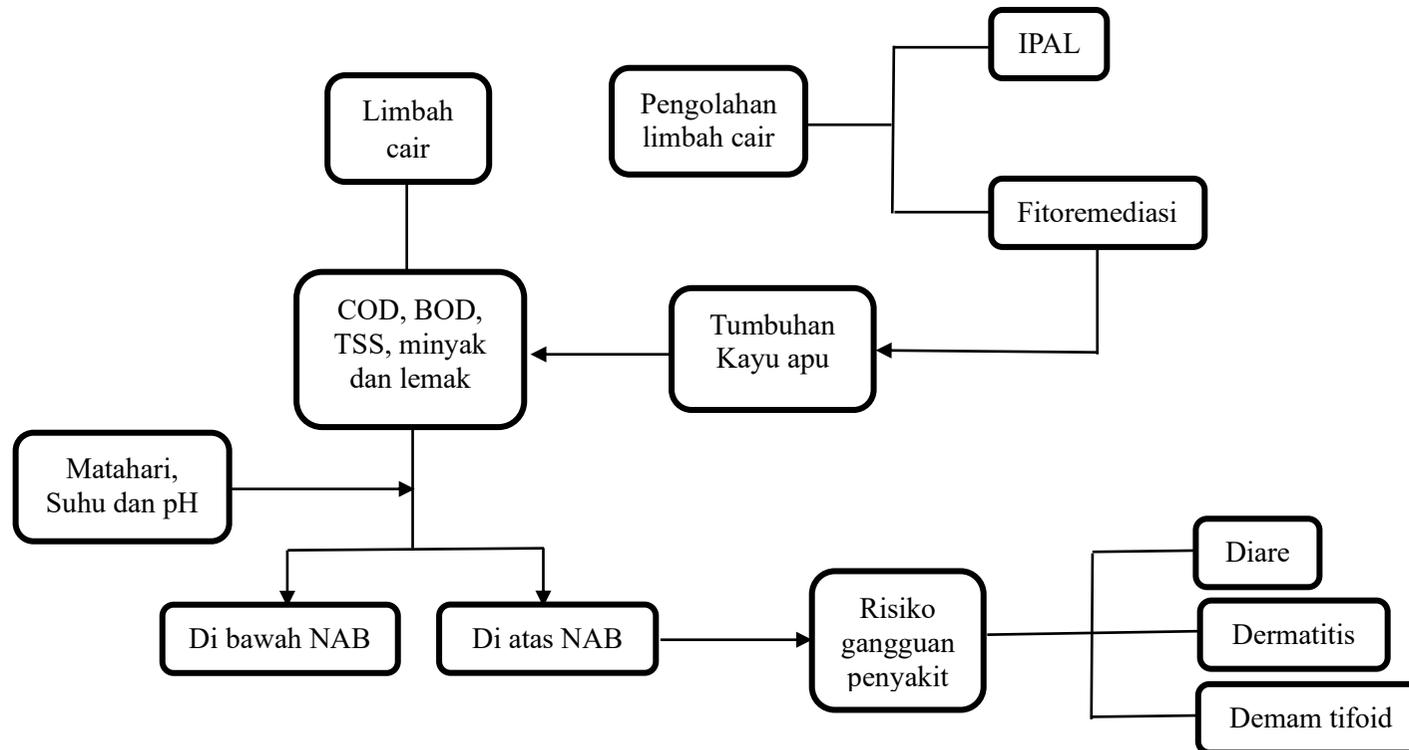
TSS adalah kotoran yang tidak terlarut dalam air yang menyebabkan menurunnya kualitas air dikarenakan berkurangnya penetrasi matahari akibat kekeruhan yang mengganggu pertumbuhan mikroorganisme dan mikroorganisme penyebab bau, rasa serta memiliki ukuran lebih besar dari 2 mikron. Kekeruhan disebabkan dari partikel-partikel tanah liat, lempung, lanau atau akibat buangan limbah dari domestik maupun industri (Fadilah, 2017; Nisa, 2021).

4. *Minyak dan Lemak*

Minyak dan lemak mempunyai sifat yang tidak bercampur dengan air dan mengapung membentuk lapisan tipis sehingga menghalangi masuknya sinar matahari yang mengakibatkan berkurangnya laju proses fotosintesis di dalam air (Sisnayati *et al.*,

2021). Disamping itu, dengan adanya lapisan minyak dan lemak akan mengakibatkan terbatasnya oksigen yang masuk ke dalam air sehingga akan membunuh mahluk hidup dalam air karena kekurangan asupan oksigen (Budiyanti *et al.*, 2020).

G. Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka Teori Modifikasi dari Dewi *et al.*, (2021); Fattayat (2022); Pasetia *et al.*, (2020); PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA 5 TAHUN 2014 MUTU AIR LIMBAH (2014); Prasetyo & Kusuma (2021); Rahayuningtyas *et al.*, (2018); Rohana & Umar (2020); Sukono *et al.*, (2020); Widiyanto *et al.*, (2015); Zahara & Fuadiyah, (2021)