

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian Herlambang dan Hedriyanto, (2015) menggunakan tanaman kayu apu dan genjer sebagai media fitoremediasi yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanaman kayu apu dan genjer dan pengaruh variabel kepadatan tanaman dalam penurunan fosfat dan COD. Menggunakan masing-masing tanaman berjumlah 4, 5, 6, 7, 8 dalam waktu penelitian selama 3 sampai 15 hari dengan volume limbah 10 L. hasil menunjukkan presentase penurunan fosfat dalam limbah *laundry* setelah proses fitoremediasi tanaman kayu apu 65,45% dan genjer 58,45%. Penurunan kadar COD pada tanaman kayu apu 32,94% dan genjer 26,80% dengan masing-masing tanaman berjumlah 8 dengan waktu tinggal 15 hari. hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu tinggal dan banyaknya jumlah tanaman maka semakin besar penurunan kadar fosfat dan COD dalam limbah *laundry*.

Menurut Mentari, (2015) mengetahui kemampuan *Azolla sp.* berdasarkan parameter COD dan fosfat serta mengetahui kepadatan pertumbuhan dan waktu efektif *Azolla sp.* dalam memperbaiki kualitas air limbah *laundry*. Penelitian dilakukan menggunakan 6 perlakuan dengan masing-masing 3 ulangan dan disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan terdiri dari P0 (0 gram), P1 (50 gram), P2 (100 gram), P3 (150 gram), dan P4 (200 gram) yang diletakan dalam bak berisi 30 liter air limbah *laundry* dengan pengenceran 50%. Parameter kualitas air yang diamati yaitu COD, fosfat, pH suhu air, dan biomassa setiap 7 hari selama 21 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Azolla sp.* memiliki kemampuan untuk memperbaiki kualitas air limbah *laundry* terutama menurunkan COD, tetapi tidak mampu memperbaiki nilai fosfat karena pada kondisi basa *Azolla sp.* tidak efektif menyerap fosfat. Limbah *laundry* setelah diperlakukan dengan *Azolla sp.* selama 21 hari nilai COD dari 133,43 mg/L turun menjadi 41,52 mg/L, sedangkan nilai fosfat meningkat dari 18,04 mg/L menjadi 25,28 mg/L. Kepadatan dan waktu efektif *Azolla sp.* dalam

memperbaiki kualitas air limbah *laundry* yaitu pada perlakuan 150 gram dengan lama pemeliharaan 7 hari atau perlakuan 50 gram dengan lama pemeliharaan 14 hari.

Penelitian Ramadhan dkk., (2017) mengetahui kemampuan panjang akar dan jumlah tanaman untuk mereduksi kandungan BOD dan Phospat pada limbah. Penelitian berlangsung selama 14 hari menggunakan aliran limbah secara kontinyu dengan debit 7,5 ml/l. Tanaman yang digunakan terbagi atas 6 reaktor A, B, C, D, E, dan F dengan perlakuan Reaktor G sebagai kontrol, Reaktor A, B, dan C memiliki panjang akar kurang dari 10 cm, reaktor D, E, dan F lebih dari 10 cm. Jumlah tanaman yang digunakan yaitu reaktor A dan D 8 tanaman, B dan E 12 tanaman, serta C dan F 16 tanaman. Hasil menunjukkan bahwa panjang akar dan jumlah tanaman mempengaruhi hasil dari pengolahan limbah *laundry* menggunakan proses fitoremediasi kayu apu (*Pistia Stratiotes L.*). Hasil paling optimum ditunjukkan oleh reaktor F dengan panjang akar lebih dari 10 cm dengan 16 jumlah tanaman pada hari ke-10 dengan efisiensi sebesar 75,36% BOD dan phospat sebesar 86,10% pada hari ke-12. Hingga hari ke-14 tanaman kayu apu (*Pistia Stratiotes L.*) masih dapat bertahan hidup akan tetapi banyak yang kondisinya sudah tidak memungkinkan dan terjadi banyak kerontokan pada akar dan kelopak daun.

Menurut Sari dkk., (2020) menggunakan metode eksperimen merupakan salah satu jenis penelitian kuantitatif untuk mengukur hubungan sebab akibat. Desain penelitian ini menggunakan “*one group pretest-posttest design*”. Bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar BOD, COD dan TSS air limbah laboratorium setelah diberikan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L*) dengan metode fitoremediasi. Hasil penelitian menunjukkan setelah diberi perlakuan sebanyak 10 perlakuan dengan lama kontak tanaman apel selama 1 hari, 3 hari dan 6 hari terjadi penurunan kadar BOD yang signifikan pada perlakuan dengan indigo $P = 0,000 < 0,05$ selama kadar COD berdasarkan keluaran ANOVA, diketahui nilai berdasarkan hasil tabel Anova sig adalah $0,000 < 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata kadar COD setelah diberi perlakuan adalah “berbeda” secara signifikan sedangkan parameter TSS adalah uji ANOVA

dengan nilai sig 0,309 > 0,05 yang berarti “tidak berbeda” signifikan pada perlakuan.

Penyusunan proposal tugas akhir dalam penelitian pengolahan limbah cair domestik dengan proses fitoremediasi sistem *batch* ini didasari dari beberapa penelitian terdahulu. Berikut merupakan hasil penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1	(Herlambang dan Hedriyanto, 2015)	Mengetahui kemampuan tanaman kayu apu dan genjer dalam menurunkan limbah dan mengetahui pengaruh variabel kepadatan tanaman dan waktu tinggal terhadap penurunan fospat dan COD.	Penurunan kadar fospat setelah proses fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu dan genjer sebesar 65.45% dan 58.45%. Kadar COD sebesar 32.94% dan 26.80%. Hasil tersebut terjadi pada tanaman kayu apu dan genjer berjumlah 8 dengan waktu tinggal 15 hari. Menunjukkan bahwa semakin lama waktu tinggal dan banyaknya jumlah tanaman maka semakin besar	Penambahan tanaman paku air dengan jumlah berat bervariasi, parameter uji dan jenis limbah yang digunakan limbah IPAL RSI Fatimah Cilacap.

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			penurunan kadar dan COD dalam limbah <i>laundry</i> .	
2	(Mentari, 2015)	Mengetahui kemampuan <i>Azolla sp.</i> dalam memperbaiki kualitas air limbah <i>laundry</i> berdasarkan parameter COD dan fosfat serta mengetahui kepadatan pertumbuhan dan waktu efektif <i>Azolla sp.</i> dalam memperbaiki kualitas air limbah <i>laundry</i> .	<i>Azolla sp.</i> Mampu memperbaiki kualitas air limbah <i>laundry</i> terutama menurunkan COD, tetapi tidak mampu memperbaiki nilai fosfat karena pada kondisi basa <i>Azolla sp.</i> tidak efektif menyerap fosfat. Limbah <i>laundry</i> setelah diperlakukan dengan <i>Azolla sp.</i> selama 21 hari nilai COD dari 133,43 mg/L menjadi 41,52 mg/L, nilai fosfat dari 18,04 mg/L menjadi 25,28 mg/L. Kepadatan dan waktu efektif <i>Azolla sp.</i> dalam memperbaiki kualitas air limbah	Penambahan tanaman kayu apu dengan jumlah berat bervariasi, parameter uji dan jenis limbah yang digunakan limbah IPAL RSI Fatimah Cilacap.

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			<p><i>laundry</i> yaitu pada perlakuan 150 gram dengan lama pemeliharaan 7 hari atau perlakuan 50 gram dengan lama pemeliharaan 14 hari.</p>	
3	(Ramadhan dkk., 2017)	Mengetahui kemampuan panjang akar dan jumlah tanaman untuk mereduksi kandungan BOD dan phospat pada limbah.	Panjang akar dan jumlah tanaman mempengaruhi hasil dari pengolahan limbah <i>laundry</i> menggunakan proses fitoremediasi kayu apu. Hasil paling optimum ditunjukkan oleh reaktor F dengan panjang akar lebih dari 10 cm dengan 16 jumlah tanaman pada hari ke-10 dengan efisiensi sebesar 75,36% BOD dan phospat sebesar 86,10% pada hari ke-12.	Penambahan tanaman paku air dengan jumlah berat bervariasi, tujuan penelitian dan jenis limbah yang digunakan limbah IPAL RSI Fatimah Cilacap.

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			<p>Hingga hari ke-14 tanaman kayu apu masih dapat bertahan hidup akan tetapi banyak yang kondisinya sudah tidak memungkinkan dan terjadi banyak kerontokan pada akar dan kelopak daun.</p>	
4	(Sari dkk., 2020)	<p>Mengetahui penurunan kadar BOD, COD dan TSS limbah cair laboratorium sesudah diberi kayu apu (<i>Pistia Stratiotes L</i>) menggunakan metode fitoremediasi.</p>	<p>Sesudah perlakuan sebanyak 10 perlakuan dengan waktu kontak tanaman kayu apu selama 1 hari, 3 hari dan 6 hari mengalami penurunan kadar BOD yang signifikan pada perlakuan dengan nilai $P = 0,000 < 0,05$, untuk kadar COD berdasarkan <i>output</i> anova, diketahui nilai berdasarkan hasil tabel Anova sig sebesar $0,000 < 0,05$ dapat disimpulkan bahwa rata-rata kadar COD setelah diberi perlakuan “Berbeda”</p>	<p>Penambahan parameter minyak-lemak pada pengujian tanaman paku air dengan jumlah berat bervariasi, limbah yang digunakan berasal dari IPAL RSI Fatimah Cilacap.</p>

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			secara signifikan, sedangkan parameter TSS uji Anova dengan nilai sig $0,309 > 0,05$ yang artinya “tidak ada perbedaan” secara signifikan pada perlakuan tersebut.	

2.2 Rumah Sakit

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat (Kemenkes RI, 2020).

2.3 Klasifikasi Rumah Sakit

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 tentang Klasifikasi dan Perizinan Rumah Sakit dibagi menjadi 2 (dua), yaitu (Kemenkes RI, 2020) :

1. Rumah Sakit Umum

Rumah sakit umum yang memberikan pelayanan kesehatan pada semua bidang dan jenis penyakit.

2. Rumah Sakit Khusus

Rumah sakit khusus memberikan pelayanan utama pada satu bidang atau satu jenis penyakit tertentu berdasarkan disimplin ilmu, golongan umur, organ, jenis penyakit, atau kekhususan lainnya.

Berdasarkan fasilitas dan kemampuan pelayanan, rumah sakit umum diklasifikasikan menjadi (Kemenkes RI, 2020) :

1. Rumah Sakit Umum Kelas A

Rumah Sakit Umum Kelas A merupakan rumah sakit umum yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 250 (dua ratus lima puluh) buah.

2. Rumah Sakit Umum Kelas B

Rumah Sakit Umum Kelas B merupakan rumah sakit umum yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 200 (dua ratus) buah.

3. Rumah Sakit Umum Kelas C

Rumah Sakit Umum Kelas C merupakan rumah sakit umum yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 100 (seratus) buah.

4. Rumah Sakit Umum Kelas D

Rumah Sakit Umum Kelas D merupakan rumah sakit umum yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 50 (lima puluh) buah.

2.4 Air Limbah

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair (Administratif & Hidup, 2013).

2.5 Air Limbah Rumah Sakit

Limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit dan kegiatan penunjang lainnya. Limbah rumah sakit bisa mengandung bermacam-macam mikroorganisme tergantung pada jenis rumah sakit dan tingkat pengolahan yang dilakukan sebelum dibuang. Limbah cair rumah sakit dapat mengandung bahan organik dan anorganik yang umumnya diukur dan parameter BOD, COD dan TSS (Rodat, 2019).

2.6 Sumber Air Limbah

Sumber air limbah bervariasi sesuai dengan tipe rumah sakit. Adapun sumber air limbah rumah sakit pada umumnya berasal dari dapur, pencucian linen, ruang perawatan, ruang poliklinik, laboratorium, WC dan kamar mandi, kamar mayat, dan unit lain sesuai tipe rumah sakit. Air limbah dari kamar mandi dikategorikan sebagai limbah rumah tangga. Parameter dalam air limbah kamar

mandi adalah zat padat, BOD, COD, nitrogen, pospat, minyak dan bakteriologis. Air limbah dari unit dapur rumah sakit umumnya hampir sama dengan limbah rumah tangga dengan kandungan BOD, COD, Total Solid, minyak/lemak, nitrogen dan pospat. Bahan padatan yang terkandung berupa sisa makanan, sisa potongan sayuran dan lain-lain (Sugawara & Nikaido, 2014). Berikut merupakan sumber air limbah yang dihasilkan di RSI Fatimah Cilacap dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Sumber Air Limbah Rumah Sakit Islam Fatimah Cilacap

Sumber Air Limbah	Volume (m ³ /hari)
Rawat inap dan HD	24
Gizi, IBS Lab radiologi, farmasi	14
<i>Laundry</i>	4,5
Poliklinik	4,5
Arafah	55
Masjid dan kamar jenazah	7
Total	105

(Sumber : Dokumen IPAL RSIFC, 2020)

2.7 Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit

Berikut merupakan karakteristik air limbah rumah sakit (Rodat, 2019) :

1. Karakteristik Fisik

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat yaitu kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau dan warna juga temperature.

2. Karakteristik Kimia

Secara umum karakteristik kimia pada air limbah terbagi dua, yaitu kimiaorganik dan anorganik. Jumlah materi organik sangat dominan, karena 75% dari zat padat tersuspensi dan 40% zat padat tersaring merupakan bahan organik, yang tersusun dari senyawa karbon, hidrogen, oksigen dan ada juga yang mengandung nitrogen. Adapun materi/senyawa anorganik

terdiri atas semua kombinasi elemen yang bukan tersusun dari karbon organik. Karbon anorganik dalam air limbah pada umumnya terdiri dari *sand*, *grit*, dan mineral-mineral, baik, *suspended* maupun *dissolved*.

3. Karakteristik Biologis

Karakteristik biologi ini diperlukan untuk mengukur kualitas air terutama bagi air yang dipergunakan sebagai air minum dan air bersih. Selain itu, untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Parameter yang sering digunakan adalah banyaknya kandungan mikroorganisme yang ada dalam kandungan air limbah.

2.8 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik merupakan limbah yang berbentuk cair merupakan hasil dari kegiatan rumah tangga berasal dari kamar mandi, cucian barang/bahan dari dapur dan rembesan air dari sampah. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah dari kegiatan industri, hotel, rumah sakit, domestik dan pertambangan batu bara bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Air limbah domestik terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu air limbah yang terdiri dari buangan tubuh manusia yaitu tinja dan urine (*blackwater*) dan air limbah yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (*greywater*) yang sebagian besar adalah bahan organik. Komposisi limbah cair domestik sebagian besar merupakan air, sisanya adalah partikel – partikel atau padatan terlarut (*suspended solids*) (Yuwono, 2018).

2.9 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No: P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016 tentang rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, pekantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan,

bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga permasyarakatan (M. Lingkungan, 2016).

Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total coliform	Jumlah/100 ml	300

(Sumber : No: P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016)

IPAL Rumah Sakit Islam Fatimah Cilacap mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No: P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016 dengan kategori pelayanan kesehatan.

2.10 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah diperlukan untuk menentukan cara pengolahan yang tepat agar efektifitas dan efisiensinya dapat tercapai. Karakteristik air limbah dibagi menjadi 3 bagian (Rahmat dan Mallongi, 2018) :

1. Karakteristik Fisika

Karakteristik fisika meliputi suhu, dan TSS.

a. *Total Solid* (TS)

Padatan terdiri dari bahan padat organik maupun anorganik yang dapat larut, mengendap atau tersuspensi. Bahan ini pada akhirnya akan mengendap di dasar air sehingga menimbulkan pendangkalan pada dasar badan air penerima.

b. *Total Suspended Solid (TSS)*

Merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron.

c. Suhu

Suhu atau temperatur dari air limbah lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa, hal ini disebabkan karena adanya penambahan air yang lebih panas dari pemakaian rumah tangga maupun aktifitas di pabrik atau sumber air limbah yang lain. Hal ini dapat mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen atau gas lain, kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.

d. Warna

Karakteristik yang sangat mencolok pada limbah cair adalah berwarna, yang umumnya disebabkan oleh zat organik dan alga. Warna adalah ciri kualitatif yang dapat dipakai untuk mengkaji kondisi umum air limbah. Dengan seiringnya waktu air limbah akan berubah dari yang berwarna abu-abu menjadi kehitaman.

e. *Kekeruhan (Turbidity)*

Kekeruhan merupakan sifat optis air yang akan membatasi pencahayaan kedalam air. Kekeruhan terjadi karena adanya zat-zat koloid yang melayang dan zat-zat yang terurai (tersuspensi) oleh binatang, zat-zat organik, jasad renik, lumpur, tanah, dan benda-benda lain yang melayang. Adanya kekeruhan tidak dapat dihubungkan secara langsung dengan kadar semua jenis zat suspensi, karena tergantung juga kepada ukuran dan bentuk butir

2. Karakteristik Kimia

a. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk oksidasi material organik, yang didapat dengan mengoksidasi limbah dengan larutan asam dikromat yang mendidih ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Jumlah COD biasanya lebih besar dari BOD. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air

oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

b. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Parameter BOD adalah parameter yang paling banyak digunakan dalam pengujian air limbah dan air permukaan. Penentuan ini melibatkan pengukuran oksigen terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik. Parameter ini menunjukkan kebutuhan oksigen untuk pengoksidasian limbah oleh bakteri. Limbah yang teroksidasi hanya limbah yang biodegradabel saja.

c. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak termasuk senyawa organik yang sulit diuraikan oleh bakteri sehingga relatif stabil. Lemak dapat dirombak oleh senyawa asam yang menghasilkan asam lemak dan gliserin. Pada keadaan basa, gliserin akan dibebaskan dari asam lemak dan akan terbentuk garam basa. Minyak dan lemak sulit diuraikan dan tidak dapat larut dalam air, sisa minyak akan mengapung di air dan menutupi permukaan air sehingga dapat menghalangi penetrasi cahaya matahari ke dalam air. Adanya lapisan minyak akan mempengaruhi keberadaan konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena proses fiksasi oksigen.

d. pH

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar di mana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral 7. Semakin kecil nilai pH nya maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam.

e. Nitrogen (Amonia)

Beberapa organisme akuatik memanfaatkan nitrogen dalam bentuk gas, akan tetapi sumber utama nitrogen di perairan bukan dalam bentuk gas.

Nitrogen yang terdapat dalam perairan berupa nitrogen organik dan anorganik. Nitrogen anorganik terdiri dari amonia (NH_3), amonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas. Nitrogen organik berupa protein, asam amino, dan urea.

f. Fosfor

Fosfor organik banyak terdapat pada perairan yang banyak mengandung bahan organik. Fosfor ditemukan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuh-tumbuhan.

g. Ortofosfat

Ortofosfat adalah bentuk fosfor yang paling sederhana di perairan yang merupakan bentuk ionisasi dari asam ortofosfat. Ortofosfat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan air, sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis terlebih dahulu. Ortofosfat berasal dari bahan pupuk pertanian yang masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan.

3. Sifat Biologis

a. *Coliform* dalam bentuk Total *Coliform*

Tinja manusia mengandung bakteri *coli* (*Coliform*) dan setiap hari manusia dapat mengeluarkan 100-400 miliar koliform/hari. Keberadaan bakteri *coli* dalam air buangan dapat membahayakan jika masuk ke dalam sumber air minum karena dapat menyebabkan diare.

2.11 Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari bahasa Inggris *phytoremediation*, kata ini tersusun atas dua bagian, yaitu *phyto* berasal bahasa Yunani yaitu *greek phyton* yang berarti tumbuhan atau tanaman (*plant*), *remediation* berasal dari bahasa Latin *remediare (to remedy)* yaitu memperbaiki atau menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan, mikroorganisme untuk meminimalisasi dan mendetoksifikasi polutan, karena

tanaman mempunyai kemampuan menyerap logam dan mineral yang tinggi atau sebagai *fitoakumulator* dan *fitochelator*. Konsep pemanfaatan tumbuhan dan mikroorganisme untuk meremediasi tanah yang terkontaminasi polutan adalah pengembangan terbaru dalam teknik pengolahan limbah. Fitoremediasi dapat diaplikasikan pada limbah organik maupun anorganik dalam bentuk padat, cair, dan gas. Fitoremediasi adalah salah satu metode penanganan limbah secara alami dengan memanfaatkan tumbuh-tumbuhan sebagai agen penurunan kadar zat berbahaya yang ada didalam limbah (Suryadi dkk., 2017). Mekanisme kerja fitoremediasi terdiri dari beberapa konsep dasar yaitu, *fitoekstraksi*, *fitovolatilisasi*, *fitodegradasi*, *fitostabilisasi*, *rhizofiltrasi* dan interaksi dengan mikroorganisme pendegradasi polutan (Ruhmawati dkk., 2017)

Kelebihan dari fitoremediasi adalah prosesnya dapat dilakukan eksitu dan insitu bisa bekerja pada senyawa anorganik dan organik, teknologi ramah lingkungan, tidak memerlukan biaya yang tinggi sehingga mudah diterapkan hingga dapat mendegradasi pencemaran dalam jumlah besar. Sedangkan kerugian fitoremediasi adalah prosesnya memerlukan waktu yang lama untuk pengolahan air limbah, dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat sehingga biomassa tumbuhan dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem dan bergantung pada keadaan iklim.

Pengolahan dengan fitoremediasi memanfaatkan tumbuhan air sebagai penyerap bahan pencemar (logam) maupun bahan-bahan organik. Pada proses fitoremediasi, tanaman berfungsi sebagai alat pengolah bahan pencemar dimana limbah padat atau cair dengan cara menyerap, mengumpulkan, serta mendegradasi bahan-bahan pencemar. Fitoremediasi merupakan pengolahan tersier yang dinilai murah dan efisien.

2.12 Sistem Batch

Sistem *batch* merupakan sebuah proses memasukkan semua reaktan kedalam reaktor pada awal proses dan dibiarkan hingga akhir proses, dengan aturan reaktan yang dimasukkan dari awal proses hingga akhir proses tidak mengalami perubahan. Pada dasarnya sistem *batch* memiliki pola kerja yang

sederhana yaitu pada sistem ini reaktan dibuat tergenang pada perlakuan, dengan asumsi selama waktu genang tersebut reaktan akan berproses dengan tanaman dan media secara fitoremediasi (Anam dkk., 2013). Sistem *batch* beroperasi secara *unsteady state* (konstant) karena komposisi berubah sebagai fungsi waktu (Sarlinda dkk., 2018)

2.13 Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*)

Tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) memiliki klasifikasi sebagai berikut, merupakan *kingdom* (*Plante*), subkingdom (*Tracheobionta*), superdivisi (*Spermatophyta*), divisi (*Magnoliophyta*), berada di kelas (*Liliopsida*) dengan subkelas (*Arecidae*), ordo (*Arales*), famili (*Araceae*), Genus (*Pistia*) dan merupakan jenis spesies (*Pistia stratiotes L*) (Sari dkk., 2020).



Gambar 2.1 Tanaman Kayu Apu

(Sumber : Sari dkk., 2020)

Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) merupakan tumbuhan air yang akarnya mengapung di permukaan air atau dikenal dengan tumbuhan terapung. Tanaman kayu apu merupakan tumbuhan air tawar yang biasa tumbuh di daerah tropis dan memiliki kemampuan untuk menyerap polutan dalam limbah, juga dapat digunakan untuk menghasilkan pupuk organik yang menyuburkan tanah. Tumbuhan ini mengapung bebas di air kecuali jika menempel pada lumpur. Tumbuh di air yang tenang atau mengalir lambat. Kayu apu memiliki banyak akar tambahan yang dipenuhi bulu-bulu halus, panjang, dan lebat (Wirawan dkk, 2014).

Tanaman kayu apu mampu menurunkan unsur N dan P masing-masing sebesar 25% dan 12% per minggu dengan kadar asupan awal 0,847 mg/l dan 0,493 mg/l per minggu. Penggunaan kayu apu dalam pengolahan limbah domestik merupakan salah satu alternatif solusi yang efektif dan efisien mengingat belum banyak pengolahan limbah cair yang ramah lingkungan.

2.14 Tanaman Paku Air (*Salvinia sp*)

Paku air (*Azolla microphylla*) merupakan kelompok tanaman yang dalam perakarannya terdapat mikroba *rhizosfera* yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan air buangan karena mampu menguraikan zat organik dan anorganik di dalamnya. Alasan lain penggunaan *Azolla microphylla* karena selain baik untuk pengolahan limbah cair, tanaman ini mudah berkembang biak, mempunyai kapasitas penyerapan hara tinggi, mudah dipanen, serta bernilai ekonomis tinggi (Wati dan Suwerda, 2012).



Gambar 2.2 Tanaman Paku Air

(Sumber : Hapsari dan Ritohardoyo, 2019)

Azolla merupakan tumbuhan paku yang istimewa karena asosiasinya dengan *Anabaena azollae*, mampu menambat nitrogen bebas, sehingga kandungan protein *Azolla* cukup tinggi, yaitu berkisar antara 13-30% berat kering. Kandungan protein yang cukup tinggi tersebut, menjadikan *Azolla* sebagai salah satu alternatif pakan ternak yang baik.

Azolla merupakan tanaman yang memiliki banyak manfaat dalam pertanian organik, terutama pada budidaya padi sawah. Tumbuhan ini banyak ditemukan di air yang tergenang dan tergolong tumbuhan khusus karena dapat mengikat N_2 di udara. Kemampuan mengikat N_2 di udara dan air disebabkan oleh simbiosis antara tanaman *Azolla* dan alga pengikat nitrogen *Anabaena azollae*.

Tanaman *Azolla* ini termasuk dalam jenis alga hijau-biru penambat nitrogen yang bersifat autotrof (Hapsari dan Ritohardoyo, 2019).