

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

1. Dalam penelitian yang dilakukan Safira Istighfari, Denny Dermawan, Novi Eka Mayangsari (2018) Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah – Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dalam jurnal berjudul Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) Untuk Menurunkan Kadar BOD, COD, dan Fosfat Pada Air Limbah Laundry. Temuan penelitian tersebut antara lain perbedaan waktu kontak 5 hari, 10 hari, dan 15 hari, serta variasi jumlah tanaman kayu apu sebanyak 8 tanaman yang telah diaklimatisasi, didapatkan hasil waktu yang efektif dalam penurunan kadar BOD, COD, dan Fosfat pada hari ke-5, namun tidak dapat dilakukan pengukuran nutrisi pada hari ke-10 dan ke-15 karena tanaman mati total. Perbedaan penelitian terdahulu dengan sekarang adalah penggunaan variasi waktu kontak, variasi jumlah tanaman, dan parameter yang berbeda.

2. Dalam penelitian yang dilakukan Lutfiani Sari Indah, Boedi Hendrarto, Prijadi Soedarsono (2014) Prodi Manajemen Sumber Daya Perairan Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro dalam jurnal Berjudul Kemampuan Eceng Gondok (*Eichornia Sp.*), Kangkung Air (*Ipomoea Sp.*), Dan Kayu Apu (*Pistia Sp.*) Dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium). Terdapat tiga perlakuan penelitian dengan jenis tanaman (eceng gondok, kangkung, dan kayu apu) dan waktu (hari ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28) masing-masing dengan empat kali replikasi menggunakan randomized block design. Berdasarkan hasil dari penelitian selama 28 hari menggunakan tiga eceng gondok, kangkung, dan kangkung, penggunaan tanaman eceng gondok memberikan perlakuan fitoremediasi yang optimum dengan rendemen 48,61 mg/l. Perbedaan penelitian terdahulu dengan sekarang adalah penggunaan

variasi waktu kontak, jenis tanaman, jumlah tanaman, dan parameter yang berbeda.

3. Dalam penelitian yang dilakukan Moni Oktapia Dewi, Tauny Akbari (2020) Universitas Banten Jaya Dalam Jurnal Berjudul Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Sp.*) Pada Industri Tahu B Kota Serang. Metode penelitian menggunakan rancangan acak lengkap pola factorial (3x3) dan 3 kali replikasi sehingga terdapat 9 perlakuan. Ternyata tanaman eceng gondok dapat tumbuh subur pada media limbah cair tahu dengan konsentrasi tinggi. Efisiensi penyerapan BOD, COD, TSS, dan pH dalam waktu 21 hari berkisar antara 19% hingga 98%. Perbedaan penelitian terdahulu dengan sekarang adalah penggunaan variasi waktu kontak, variasi jumlah tanaman, dan parameter yang berbeda.

B. Studi Pustaka

1. Industri Batik

a. Definisi

Industri batik merupakan perusahaan yang menggunakan proses pemalaman (lilin), pencelupan (pewarnaan) dan pelorotan (pemanasan) pada kain sehingga menghasilkan motif yang halus (Syakur, 1997). Saat ini, industri batik merupakan industri kecil hingga menengah yang terkadang tumpang tindih dengan industri dalam negeri.

Batik sebagai salah satu komponen budaya Indonesia khususnya Jawa yang salah satu kerajinan budaya memiliki nilai seni tinggi (Yusak dan Adi, 2011 dalam Ningsih, D.A., 2017). Cara pembuatan motif atau pola dengan memanfaatkan sekat-sekat yang dibentuk dari lilin disebut pembuatan batik (Suheryanto, 2012 dalam Ningsih, D. A., 2017).

Industri batik adalah salah satu yang memiliki banyak potensi perkembangan. Diawali dengan metode langsung menggambar dengan canting dan mencelupkannya ke dalam pewarnaan. Pada Kampung yang berada di desa Jetis, Sidoarjo, terdapat pusat perdagangan batik. Batik tulis dengan motif Sidoarjo dikembangkan oleh sanggar batik ini sejak terkenal dengan pembuatan batik pada tahun 1675 (Satrya, 2015 dalam Ningsih, D. A., 2017).

b. Proses Pematikan

Dari pembuatan batik mori hingga pembuatan kain batik, teknik membatik adalah proses kerja. Langkah-langkah berikut terlibat dalam pengolahan batik :

1) Proses persiapan bahan baku

a) Persiapan bahan baku kain mori

Tahapan dalam prosedur penyiapan bahan kain mori meliputi perendaman, setting, penipisan, penghalusan permukaan kain mori, dan pencetakan. Prosedur tersebut di atas memiliki tujuan sebagai berikut: menstabilkan dimensi, menghilangkan pati dan bahan finishing lainnya; menciptakan permukaan yang rata untuk memudahkan proses membatik; dan menghaluskan permukaan kain mori untuk memudahkan pemolesan.

b) Persiapan bahan baku lilin

Lilin batik dibuat menggunakan beberapa bahan yang dicampur dalam jumlah tertentu untuk memberikan kualitas lilin yang diperlukan. Bahan dasar lilin batik disiapkan dalam prosedur ini. Gondorukem, damar mata kucing, parafin, lilin tawon, minyak kelapa, lilin batik lorodan tua, dan minyak atau lemak hewan adalah bahan-bahan yang digunakan untuk membuat lilin. Lilin batik dibuat menggunakan beberapa bahan tersebut, namun tidak semuanya.

2) Proses pembatikan

Metode membatik memerlukan penerapan pola lilin batik yang sesuai pada mori batik. Ada berbagai macam cara pembuatan batik, yaitu sebagai berikut :

a) Dengan menggunakan alat canting tulis, tata lilin secara tertulis sambil menentukan warna sebagai berikut:

(1) Pembatikan klowong

(2) Pembatikan isen-isen

b) Pembentukan tembokan, pengerjaannya sebagai berikut:

(1) Pembatikan klowong

(2) Pembatikan isen-isen

(3) Pembatikan tembokan

c) pemasangan lilin dengan alat stempel, dengan urutan proses sebagai berikut:

(1) Pencapan isen-isen dan klowong

(2) Pencapan pada dinding

Berbeda dengan kain mori tipis yang hanya menempel satu permukaan, kain mori tebal dan padat memiliki cap seri yang diterapkan pada kedua permukaan bahan.

3) Proses pewarnaan

Dua metode yang digunakan untuk membuat pewarnaan batik pada suhu kamar yaitu :

a) Pewarnaan secara coletan, yang menggunakan pewarna reaktif, indigosol, dan cepat sebagai pewarnanya.

b) Pewarnaan secara celupan, pewarna naphthol, pewarna indanthrene, pewarna reaktif, dan pewarna soga alami adalah warna yang digunakan dalam pewarnaan ini.

4) Proses pelepasan lilin batik

Cara pelepasan lilin batik ada dua cara yaitu :

- a) Proses pengerokan disebut juga dengan proses menghilangkan sebagian lilin, yaitu mengikis sebagian batik kemudian dicelupkan ke dalam larutan soda api sebelum dilanjutkan.
- b) Proses pelodoran juga dikenal sebagai langkah menghilangkan semua lilin, melibatkan proses perebusan lilin batik dalam air mendidih dengan soda atau pati, natrium silikat tergantung pada penggunaan jenis zat warna. Metode ini sangat efektif untuk melarutkan lilin secara keseluruhan. Proses pelorodan berhasil jika semua lilin larut tanpa mengubah warna atau kekuatan kain.

5) Proses akhir / penyelesaian

Proses penyelesaian menjadikan produk batik yang dihasilkan terlihat lebih baik, seperti memiliki daya tahan warna yang lebih baik dan dikemas lebih baik. Tidak hanya menghasilkan produk batik, akan tetapi pada proses ini pun dapat menghasilkan limbah cair.

2. Air Limbah

a. Pengertian Air Limbah

Berikut merupakan penjelasan dari air limbah :

- 1) Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, air limbah merupakan sisa air dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair.
- 2) Menurut keputusan Menteri negara lingkungan hidup nomor : kep 51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, limbah cair merupakan limbah yang dibuang ke lingkungan akibat kegiatan industri yang diduga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan.

- 3) Air limbah merupakan merupakan cairan sisa yang dihasilkan dari kegiatan atau usaha yang dibuang ke lingkungan dan dapat membahayakan lingkungan, menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang kriteria kualitas air limbah untuk industri dan/atau kegiatan komersial lainnya.
- 4) Menurut Prof. Dr. Soekidjo Notoatmodjo (2003) Mendefinisikan Air limbah adalah air buangan yang berasal dari kegiatan rumah tangga, usaha, atau tempat umum lainnya, dan umumnya mengandung bahan atau zat yang dapat merusak kesehatan manusia dan mengganggu lingkungan sekitar.
- 5) Menurut Sugiharto (2008) Mendefinisikan Air Limbah adalah kotoran cair dari rumah tangga, industri, air tanah, dan air pemukiman.

b. Sumber Air Limbah

Menurut Prof. Dr. Soekidjo Notoatmodjo 2003 dalam sunaryo dkk, 2015, Air Limbah berasal dari berbagai tempat, namun secara umum dapat dibagi ke dalam kategori berikut :

- 1) Air limbah domestik berasal dari lokasi pemukiman. Biasanya, limbah ini mengandung bahan organik, air yang digunakan untuk mencuci dapur dan kamar mandi, serta kotoran (feses dan urin).
- 2) Air buangan industri (*Industrial Waste Water*), dihasilkan selama proses produksi dan berasal dari berbagai industri. Bergantung pada sumber daya mentah yang digunakan masing-masing industri, itu mengandung berbagai bahan kimia yang berbeda.
- 3) Air buangan kota praja (*Municipal Waste Water*), merupakan air hasil dari tempat- tempat seperti hotel, restoran, ruang publik, gereja, dan bangunan komersial lainnya dikota. Bahan kimia dalam air limbah jenis ini seringkali sebanding dengan yang ada di air limbah perumahan.

c. Limbah Industri Batik

Cara penanganan limbah industri yang digunakan dalam batik menentukan kualitasnya. Pada proses pencelupan (pewarnaan) biasanya menghasilkan sedikit sampah organik, tetapi menghasilkan warna yang kuat dan mudah dilihat, sehingga akibat dari hal ini dapat membuat sungai dan perairan terlihat kurang indah. Memanfaatkan pengolahan biologis, fisik, dan kimia, merupakan metode yang paling efisien dan efektif untuk menghilangkan warna dari air limbah (G. Alaerts dan Santika, 1984:87 dalam Mubarokah, I., 2010).

Sebagian besar usaha batik skala home industri tidak memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah sebagai pengolahan air limbah, sehingga air limbah setelah proses pembatikan langsung dibuang ke selokan untuk dialirkan ke saluran air. Kondisi ini dapat menghambat aliran air, menahan masuknya sinar matahari ke badan air, mengurangi sifat iklim, membahayakan lingkungan dan jika kontak dengan kulit manusia dapat menyebabkan kesemutan, panas, kulit kering dan keras (Riska Andriani, 2017).

d. Karakteristik Limbah Batik

Karakteristik Limbah digolongkan dalam beberapa sifat sebagai berikut :

1) Karakteristik Fisik

Kualitas sebenarnya air limbah ditentukan oleh polutan yang masuk dan menyebabkan perubahan nyata. Kualitas fisik ini, yang disebabkan oleh adanya padatan tersuspensi dan hancur, meliputi suhu, kekeruhan, warna, dan aroma. Kehadiran fitur fisik yang dapat diamati memiliki dampak yang signifikan terhadap kuantitas polutan air limbah. Kandungan padatan, yang berpengaruh pada kejernihan dan estetika serta bau, warna, dan suhu, merupakan sifat fisik yang signifikan (Suyasa, 2015).

2) Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia air limbah ditentukan oleh polutan dari bahan kimia yang ada. Bahan kimia ini dipecah sebagai partikel dan tersuspensi sebagai campuran. Bahan organik yang membusuk dapat menguras suplai oksigen pada limbah dan juga dapat menyebabkan bau dan rasa tidak enak pada penyediaan air bersih. Hal ini juga dapat berbahaya jika bahan tersebut adalah bahan beracun. Pentingnya Bahan kimia pada air limbah biasanya diklasifikasikan sebagai berikut : klorida, sulfur, bahan organik, bahan anorganik, pH, zat beracun, fenol, protein, minyak dan lemak, karbohidrat,, kebasaaan, nitrogen, fosfor, logam berat metan,, dan gas (Suyasa, 2015).

3) Karakteristik Biologis

Karakteristik biologi air, khususnya air bersih dan air minum digunakan untuk menilai kuliatasnya. Jumlah mikroorganisme yang ada dalam air limbah adalah parameter yang sering digunakan. Kegiatan penggunaan mikroorganisme dalam air untuk mengubah senyawa kimia yang ada di dalamnya menjadi berbagai bentuk atau senyawa dikenal sebagai pengolahan air limbah secara biologis. Mikroorganisme mencerna zat dan bahan organik untuk menghasilkan biomassa sel baru, dan juga menyerap bahan organik dan menggunakan hasil energi oleh proses oksidasi untuk metabolisme (Metcalf and Eddy, 2003).

e. Dampak limbah cair batik

Industri tekstil adalah industri yang menggunakan air paling banyak saat memproduksi batik. 80% dari total air yang digunakan untuk produksi terdiri dari air limbah. Limbah cair berbahaya seperti pemutih dan pewarna batik dapat dihasilkan dari kegiatan dari industri batik. Berikut dikarenakan air limbah industri langsung dibuang ke badan air atau saluran drainase sekitar (Suprihatin,2014 dalam Ningsih, D. A., 2017). Limbah yang

dihasilkan oleh industri batik Mukti Rahayu Magetan tidak dilakukan pengolahan, akan tetapi ditampung dan diresapkan kedalam tanah. Limbah cair inidapat menurunkan kualitas udara dan berdampak buruk bagi ekosistem.

Limbah batik akan menimbulkan masalah bagi lingkungan karena mengandung pH, BOD, TSS, dan COD yang tinggi. Penyakit ini memiliki dampak negatif pada kehidupan air dan kualitas udara (Susanti Dan Henny, 2008 dalam Ningsih, D. A., 2017). Kandungan oksigen terlarut atau sering dikenal sebagai *Dissolved Oxygen* (DO) berkurang dengan meningkatnya suhu air dan membunuh organisme. Keseimbangan ekosistem perairan akan terganggu oleh keadaan ini. Akibat yang ditimbulkan organisme akuatik yaitu metabolisme tubuh terhambat oleh kerja enzim tertentu selama proses fisiologis (Palar, 2008 dalam Ningsih, D. A., 2017). Adanya limbah organik akan mengakibatkan peningkatan konsentrasi nitrogen dalam senyawa nitrat, yang menyebabkan air berbau tidak sedap. Logam berat juga terdapat pada sejumlah bahan pewarna yang digunakan untuk mewarnai kain batik setelah dicuci. Efek lain yang kurang baik dari penggunaan pewarna kimia dalam proses pewarnaan adalah potensi kanker kulit, menurut para perajin batik (Sasthya, 2015). Selain itu, teknik pewarnaan ini mungkin memiliki efek samping yang mengiritasi kulit dan mata serta mengakibatkan mutase (Mathur *et al.*, 2005 dalam Ningsih, D. A., 2017). Logam berat juga menyebabkan ulkus pada hidung dan kulit, hiperpigmentasi pada kulit, dan mengindikasi nekrosis tubulus ginjal (Purwaningsih, I., 2008).

3. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

a. Pengertian

BOD merupakan jumlah oksigen yang terlarut dan dibutuhkan mikroba (biasanya bakteri) di lingkungan aerobik sebagai pemecah bahan organik. BOD adalah pengukuran banyaknya bakteri akuatik

mengonsumsi oksigen sebagai respons terhadap adanya bahan organik yang dapat terurai. Menurut beberapa ahli, definisi BOD juga menunjukkan berapa banyak zat organik yang dapat terurai pada air, selain berapa tinggi oksigen yang ada (Arif Dwi Santoso, 2018).

b. Tujuan Pemeriksaan

Pemeriksaan parameter BOD bertujuan untuk memastikan beban pencemaran yang dihasilkan dari buangan air limbah industri ataupun domestik yang menjadi tolak ukur desain sistem pengolahan air secara biologis.

Sebagai penghitung pengukuran unit pengolahan air limbah, memastikan banyaknya oksigen yang dibutuhkan agar dapat stabilisasi biologis bahan organik, dan memastikan bahwa parameter BOD konsisten dengan batas yang diizinkan untuk pembuangan air limbah, parameter BOD harus diperiksa (Habib, 2011).

Untuk menghitung beban pencemar air limbah dan membangun sistem pengolahan biologis, diperlukan pemeriksaan BOD (G. Alerts dan SS Santika, 1987). Saat menjadi aktif, bakteri secara fisiologis mengubah bahan organik menjadi asam organik ketika ada muatan organik yang relatif signifikan (dilihat dari adanya pembacaan BOD dan COD). Di sepanjang saluran, degradasi ini berlangsung secara aerobik dan anaerobik. Gas tidak berbau CH₄, NH₃, dan H₂S (Djarwanti dkk, 2000).

c. Dampak BOD

Parameter BOD mengukur jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan organisme aerobik untuk memecah bahan organik dalam air. Kadar BOD dan COD air limbah dapat meningkat jika konsentrasi bahan organik tinggi karena mikroorganisme membutuhkan lebih banyak oksigen untuk menguraikan bahan organik. Sebaliknya, jika kadar BOD dan COD rendah, dapat

diasumsikan bahwa kandungan bahan organik sampah juga rendah (Doraja, 2012).

Kuantitas mikroorganisme dalam air lingkungan bergantung pada seberapa bersih air tersebut. Air yang tercemar memiliki lebih banyak mikroba daripada air bersih. Air yang telah tercemar oleh bahan buangan yang bersifat disinfektan atau berbahaya seperti fenol, kreolin, detergen, asam sianida, insektisida dan lain sebagainya, jumlah mikroorganismenya juga relatif sedikit.

4. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

a. Pengertian

COD adalah gambaran total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat terurai maupun yang tidak dapat terurai menjadi CO₂ dan H₂O (Hefni Effendi, 2003:125-126 dalam Mubarakah, I., 2010) Nilai COD mewakili persentase bahan kimia organik yang mencemari air dan menurut ilmu pengetahuan dapat dioksidasi oleh mikroba, mengurangi total oksigen terlarut pada air (Mei Pranoto, 2005:20 dalam mubarakah, I., 2010).

Nilai COD yang tinggi menunjukkan bahwa bahan pencemar organik antara lain limbah rumah tangga, limbah industri, dan sebagainya mencemari air. Karena COD merupakan bahan organik yang paling banyak terdapat pada sampah, namun BOD hanyalah bahan organik dengan kandungan yang rendah, maka COD memiliki nilai yang lebih besar dari BOD (Boyd, 1990; Metcalf dan Eddy, 1991 Dalam Ningsih, D. A., 2017).

Sebagai hasil dari tahap pewarnaan dan pembilasan, dihasilkan air limbah berwarna dengan konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi dan campuran berbagai komponen terkait warna. Sebagian besar limbah pewarna industri tekstil merupakan bahan organik *non-biodegradable* yang dapat mencemari

lingkungan, khususnya pada perairan (Suprihatin, 2014 dalam Ningsih, D. A., 2017).

b. Tujuan Pemeriksaan

Tujuan dari pemeriksaan parameter COD adalah Untuk menghitung jumlah pencemar organik yang secara alami dapat dioksidasi oleh proses biologis dan untuk mengevaluasi efek limbah yang akan dibuang ke badan air

c. Dampak COD

Secara umum, Tingkat polutan organik yang tinggi ada dalam air yang memiliki konsentrasi COD tinggi. Dengan demikian, ada beberapa bakteri baik patogen maupun non-patogen. Ada beberapa penyakit yang dapat dibawa pada manusia oleh mikroba patogen. Akibatnya, dapat diklaim bahwa banyak penyakit manusia dapat disebabkan oleh kadar COD yang tinggi dalam air. Tingkat oksigen terlarut dalam air juga dapat menjadi rendah atau hilang karena konsentrasi COD yang tinggi. Akibatnya biota air di perairan mati karena kebutuhannya akan oksigen yang merupakan sumber kehidupan tidak dapat terpenuhi (Monahan,1993).

5. Fitoremediasi

a. Definisi

Proses fitoremediasi melibatkan penggunaan tanaman untuk menghilangkan polutan (melethia, 1996). Dengan mengubah zat tidak beracun atau dengan menguraikan polutan menjadi karbondioksida dan air , kontaminan dapat didetoksifikasi. Proses biologis melibatkan pemulihan unsur-unsur lingkungan secara biologis (Backezr dan Herson, 1994) dengan menggunakan kapasitas organisme untuk mempercepat degradasi polutan (Sheehan, 1997).

Fitoremediasi merupakan Bahasa latin "*remedium*" yang merupakan memulihkan keseimbangan atau memperbaiki dengan Bahasa Yunani kuno "*phyto*" yang berarti nabati/tanaman yang menjelaskan penanganan masalah di lingkungan tanpa adanya

penggalian bahan kontaminan. penggunaan tanaman agar kontaminan dapat hilang dari tanah ataupun air yang telah terkontaminasi dikenal sebagai fitoremediasi. Prosedur pemulihan dengan menggunakan metode fitoremediasi ini mengalami kemajuan yang pesat karena terbukti lebih murah dibandingkan dengan metode lainnya. Misalnya menambahkan lapisan permukaan tanah. Herba, semak ataupun pohon adalah contoh fitoremediator.

Kemampuan tanaman untuk menyerap logam dalam jumlah yang signifikan dari tanah dan menggunakannya secara ekonomis untuk meremediasi tanah yang bermasalah (phytostimulation) juga merupakan komponen kunci dari fitoremediasi. Ini termasuk kemampuan tanaman untuk mendorong aktivitas biodegradasi oleh mikroba yang berasosiasi dengan akar (phytostabilization) dan melumpuhkan kontaminan dalam tanah dengan eksudat dari akar (phytomining) (Chaney dkk, 1995).

b. Proses Fitoremediasi

Menurut Erakhrumen Dan Agbontalor (2007) Proses Fitoremediasi menggunakan sistem sebagai berikut:

1) Phytostabilization

Merupakan proses di mana tanaman mengubah zat berbahaya yang ditemukan di tanah menjadi molekul yang tidak beracun tanpa terlebih dahulu menyerap, menahan, atau menempelkan zat ini ke akar tanaman. Kontaminan akan menempel kuat pada akar, mencegahnya tersapu oleh aliran air di media yang terkontaminasi.

2) Rhizofiltration

Rhizofiltration adalah proses polutan diserap atau diserap ke akar untuk membuat lapisan tipis atau film di permukaan. Polutan yang mudah mengendap akan tetap berada di zona akar. Ikatan ion merupakan tempat berlangsungnya proses adsorpsi karena partikel akar memiliki muatan ion yang berbeda dari

polutan yang melewatinya. Proses sedimentasi dipicu oleh koagulasi polutan dan pH air tanah.

3) Phytodegradation

adalah metode dukungan enzim yang digunakan oleh tumbuhan agar dapat memecah polutan dengan rantai molekul yang rumit menjadi zat tidak berbahaya. Kontaminan ini terurai menjadi kombinasi bahan kimia yang kurang kompleks, yang mungkin bermanfaat bagi pertumbuhan itu sendiri.

4) Phytoextraction

Yaitu metode dimana polutan dalam media tercemar ditarik ke tanaman, di mana mereka kemudian terkonsentrasi di sekitar akar atau berpindah ke bagian lain dari tanaman (seperti daun dan batang). *Hiperakumulator* adalah tanaman yang dapat menyerap lebih banyak logam dari lingkungan daripada tanaman lain secara keseluruhan.

5) Rhizodegradation

Proses yang Melalui aktivitas mikroba simbiotik pada akar tanaman ini, polutan di sekitar akar tanaman terurai. Proses yang dipengaruhi oleh bakteri simbiotik ini bergerak lebih lambat dibandingkan dengan proses fitodegradasi.

6) Phytovolatilization

Kemampuan tanaman dalam menyerap dan mengeluarkan polutan ke udara dikenal sebagai Phytovolatilization. Sebelum dibuang ke udara, polutan yang telah terserap dapat mengubah komposisi kimianya. Ini adalah hasil dari fitodegradasi, yang menyebabkan polutan dipecah oleh aktivitas metabolisme tanaman.

6. Metode Penurunan BOD dan COD

Pengolahan limbah cair agar dapat menurunkan kandungan BOD dan COD sebagai berikut : (Martini, Yuliwati, Kharismadewi, 2020)

a. Fitoremediasi

Proses penurunan BOD dan COD dengan metode menggunakan tanaman. Tanaman harus dapat berkembang cepat di lingkungan tercemar, dapat mengonsumsi air yang banyak dalam waktu yang cukup singkat, mendekontaminasi atau meremediasi lebih dari satu polutan, dan memiliki tingkat ketahanan polusi yang tinggi dapat dianggap sebagai tanaman fitoremediasi. Proses ini dilakukan melalui cara utama, yakni anaerob. Dalam proses anaerobik, tanaman beroperasi di ruangan dengan sedikit atau tanpa oksigen. dimana tiga fase penguraian komponen anorganik dari air limbah dilakukan oleh tanaman, salah satunya melibatkan konsumsi oksigen dari senyawa organik.

Menurut metode fitoremediasi lainnya, polutan yang dicerna tanaman fitoremediasi akan diurai oleh tanaman dan menghasilkan senyawa lain yang tidak berbahaya. Kerusakan ini akan menyebabkan transpirasi, yang pada akhirnya akan menyebabkan penguapan ke atmosfer. Sebuah tanaman harus memenuhi sejumlah kondisi unik untuk menjadi tanaman fitoremediasi.

Jenis – jenis tanaman yang dapat dipakai dalam metode fitoremediasi diantaranya sebagai berikut: (Ageng, Rofiqoh, Fitriana, 2014)

1) Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*)

Jenis tanaman Kayu Apu menggunakan proses fitoremediasi untuk menyerap ortofosfat yang terdapat pada deterjen.

2) Populus (*Populus Deltoides*)

Tanaman populus dapat bertahan pada suhu antara 25⁰C hingga 30⁰C dan memiliki kemampuan untuk memecah

berbagai molekul organik, termasuk klorinat, hidrokarbon, dan senyawa yang terkontaminasi pestisida.

3) Bunga Matahari (*Heliantus Anuus, Less*)

Tanaman bunga matahari ini dapat menyerap dan mengakumulasi Radiocesium yang adalah salah satu zat radioaktif yang jika dilepaskan ke lingkungan dalam jumlah yang relatif signifikan dapat menimbulkan efek yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

4) Kangkung (*Ipome Reptans*)

Logam berat dari air yang terkontaminasi dapat diserap oleh tanaman kangkung.

5) Bambu Air (*Equisetum Hyemale*)

Karena adanya bakteri rizosfer yang mengambil bahan terlarut dari air dan kemudian menumpuknya di dalam struktur tubuhnya, Air Bamboo memiliki kemampuan untuk bertindak sebagai fitoremediator.

b. Elektrokoagulasi

metode penurunan COD yang menggunakan reaksi kimia untuk mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Pada proses elektrokoagulasi proses pemisahan dengan menggunakan bantuan arus listrik. Komponen yang terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan elektrolit. Gejala penguraian elektrolit meliputi perpindahan ion positif (kation) ke katoda untuk menerima elektron tereduksi dan perpindahan ion negatif (anion) ke katoda, terjadi ketika dua elektroda ditempatkan dalam larutan elektrolit kemudian dialiri arus listrik searah. Anoda dan melepaskan electron teroksidasi. Sehingga nantinya akan membentuk flok yang dapat mengikat kontaminan dan partikel pada limbah.

c. Adsorpsi

Dengan menggunakan metode adsorpsi untuk menurunkan COD, material harus diekstraksi dari kombinasi gas atau cairan. Bahan yang akan diekstraksi ditarik ke permukaan sorben padat dan ditahan oleh gaya yang bekerja di permukaan. Teknik adsorpsi sangat ideal untuk mengisolasi logam berat dengan konsentrasi rendah dari kombinasi yang terdiri dari senyawa lain dengan konsentrasi tinggi karena selektivitasnya yang tinggi. Laju adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu, tekanan (untuk gas), ukuran partikel, dan porositas adsorben, tidak termasuk variasi dalam konsentrasi adsorben dan luas permukaan. Itu juga tergantung pada viskositas kombinasi yang harus dipisahkan (cair, gas), serta ukuran molekul zat yang perlu diadsorpsi.

7. Metode Pengambilan Sampel Air

Grab Sample, Composite Sample, Integrated Sample adalah 3 jenis metode pengambilan sampel air. Pada umumnya penelitian kimia dan biologi/mikroorganisme menggunakan teknik pengambilan sampel ini (Amalia, 2016).

a. Sampel Sesaat (*Grab Sample*)

Sampel Sesaat Yaitu sampel dikumpulkan langsung dari badan air yang diamati. Sampel ini hanya menggambarkan fitur air yang ada pada saat pengambilan sampel. Dengan menggunakan metode ini, sampel dikumpulkan hanya sekali di setiap lokasi dan kemudian segera dievaluasi di laboratorium.

b. Sampel Komposit (*Composite Sample*)

Sampel Komposit yaitu sampel campuran diambil dari beberapa jendela pengamatan. pengambilan sampel campuran berdasarkan banyak waktu pengamatan. Dengan menggunakan peralatan yang dapat mengambil air pada periode tertentu dan mengukur keluaran air pada saat yang bersamaan, pengambilan sampel komposit dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Pengambilan sampel

otomatis dilakukan apabila ingin mengetahui tentang karakteristik kualitas air secara terus menerus.

c. Sampel Gabungan (*Integrated Sample*)

Sampel gabungan adalah sampel yang diambil pada volume yang sama tetapi terpisah dari berbagai lokasi.

8. Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*)

a. Definisi

Tanaman Kayu apu adalah sejenis tumbuhan air yang tumbuh mengapung juga hanya ditemukan atau tumbuh di area persawahan. Tanaman ini juga dikenal dengan sebutan *water lettuce* yang berarti kubis air atau selada air. Tanaman ini dapat ditanam oleh manusia atau dapat tumbuh secara alami (Rijal, 2014).

Akar tanaman berbentuk akar serabut yang menggantung di atas permukaan air dan memiliki kemampuan untuk menyerap zat terlarut di sana (Yusuf, 2001).

b. Klasifikasi Tanaman Kayu Apu

Famili Araceae, yang termasuk kayu apu atau *Pistia Stratiotes*, tumbuh di permukaan air dengan akar menjuntai di bawah daun yang mengapung. Kayu apu memiliki banyak akar yang memiliki bulu akar yang halus, panjang, dan lebat. Daunnya memiliki berbagai ukuran dan bentuk. Daun kayu apu berwarna hijau muda, semakin memutih semakin mendekati akar. ukuran daun kayu apu sekitar 5 cm sampai 14 cm dan mempunyai bentuk daun hiasan mawar atau *rosette*. Kayu apu mampu bertumbuh optimum pada suhu berkisar 20-30⁰C dan pH antara 6,0-7,5 (Fitri,2013).



Gambar 2.1 Tanaman kayu apu

Klasifikasi Tanaman Kayu Apu adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Subkelas : Arecidae
Ordo : Arales
Famili : Araceae
Genus : Pistia
Spesies : Pistia stratiotes L

c. Pemanfaatan tanaman kayu apu

Salah satu tanaman fitoremediator yang dapat mencerna limbah organik, anorganik, dan logam berat adalah tanaman kayu apu. Tumbuhan ini dapat dimanfaatkan sebagai fitoremediator karena dapat menurunkan BOD, COD, dan warna pada limbah cair batik. Sebagai tanaman air dengan kandungan organik yang tinggi, tanaman kayu apu memiliki kemampuan untuk menurunkan tingkat pencemaran pada air limbah. Kayu apu merupakan tumbuhan gulma air pada umum terlihat mengambang di kolam ataupun danau yang tenang (Safitri, 2009).

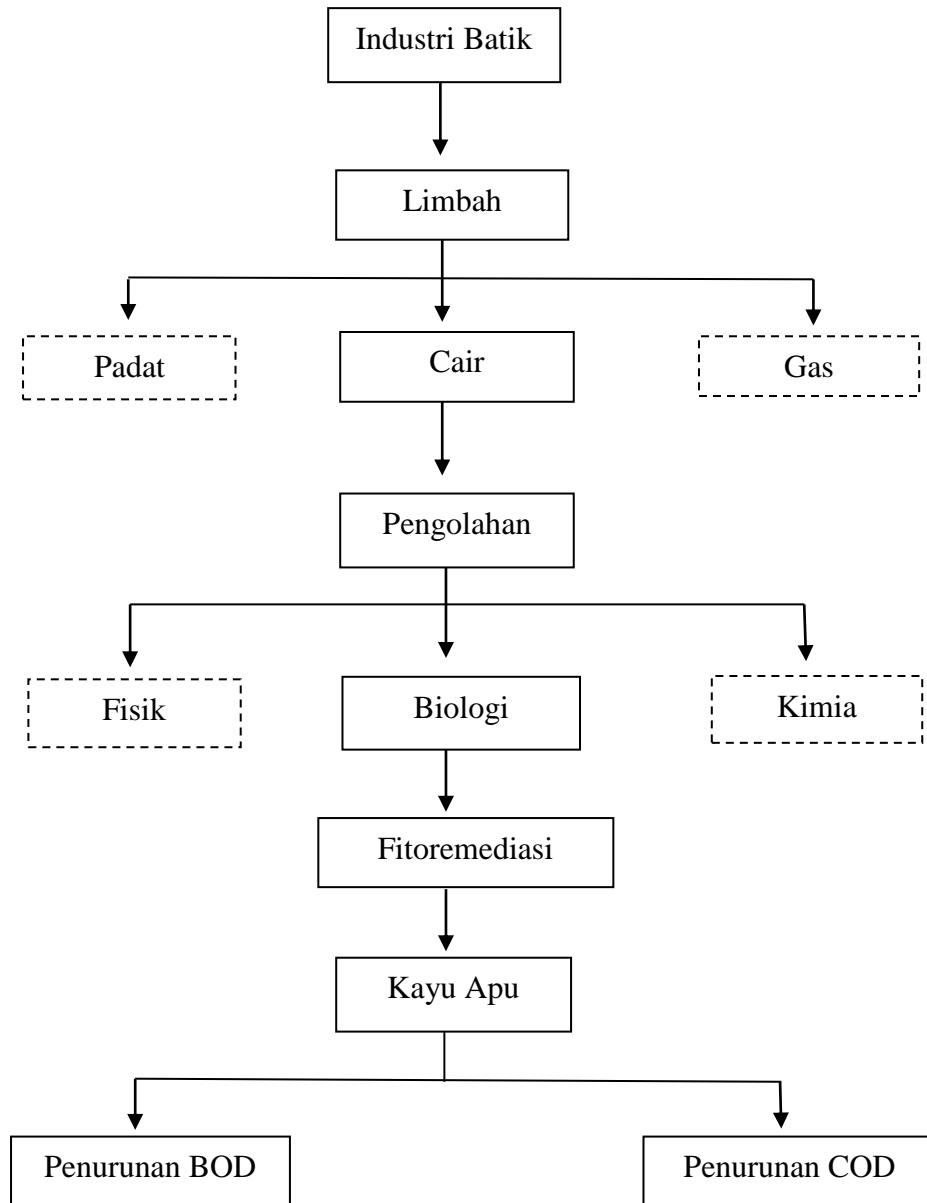
Protein yang disebut fitokelatin yang mengikat logam berat melalui metode yang melibatkan atom belerang, ditemukan dalam tanaman kayu apu. Logam berat akan dikelat oleh protein diakar

dan disimpan pada daun jika masuk ke tanaman (Ulfin 2001 dalam I Wayan Diara 2017).

Pemanfaatan tanaman kayu apu sebagai tanaman hias di akuarium atau kolam. Selain itu, tanaman ini berfungsi sebagai penjernih air dengan menyerap limbah pada air. Tumbuhan ini tumbuh dengan cepat dan dapat menutupi permukaan air. pada kenyataannya, tanaman ini dapat menyerap bahan kimia organik serta logam berat, yang merupakan polutan (Djo, dkk,2017).

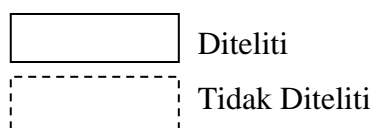
Banyaknya jaringan akar selada air yang berbulu menyebabkan penyerapan kandungan bahan organik oleh tanaman, memungkinkan pengurangan kandungan bahan organik yang lebih besar. Mikroorganisme yang berkembang di permukaan media juga menempel di akar tanaman menguraikan bahan organik (Hapsari dkk,2016).

C. Kerangka Teori

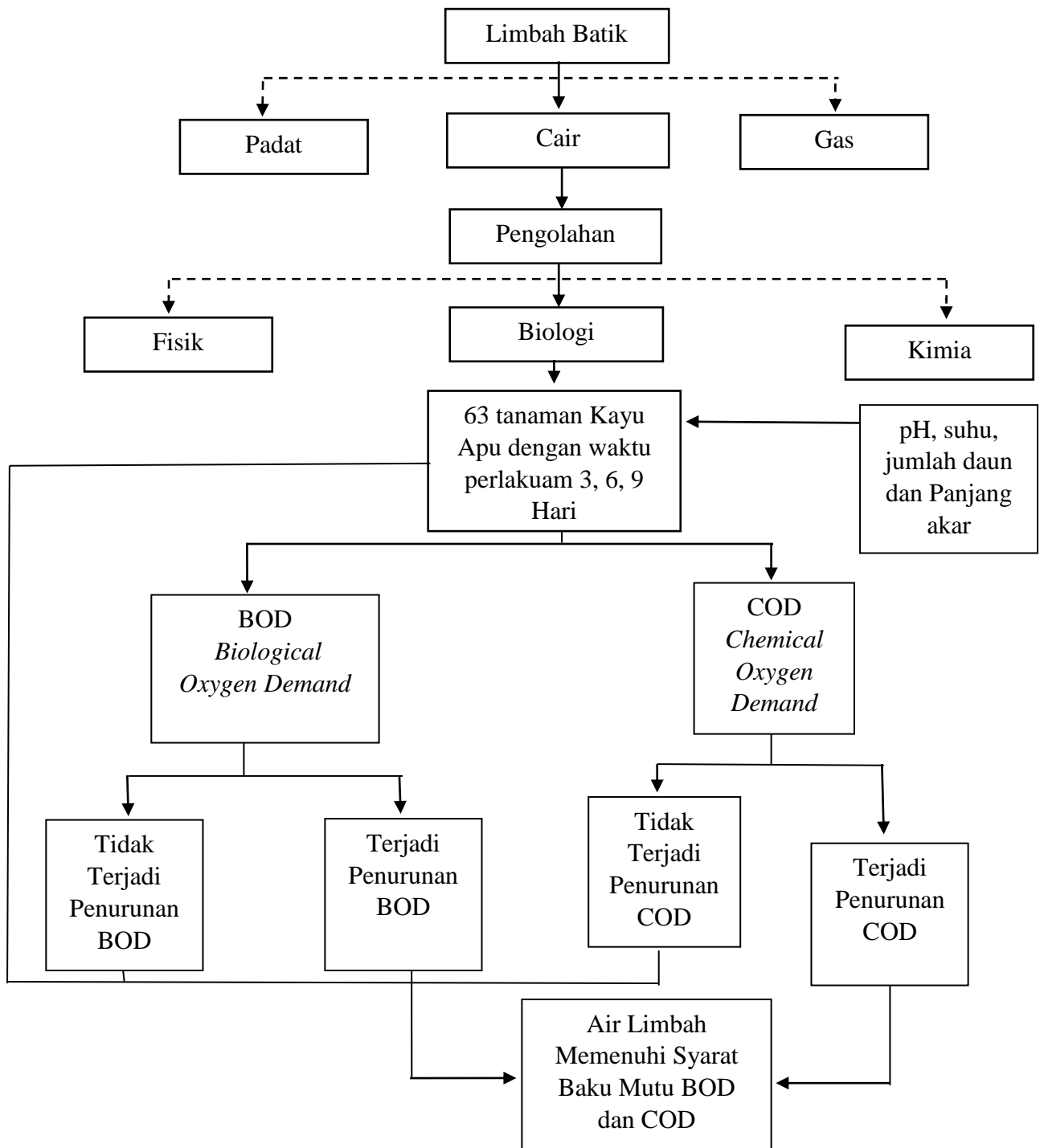


Gambar 2.2 Kerangka Teori

Keterangan :



D. Kerangka Konsep



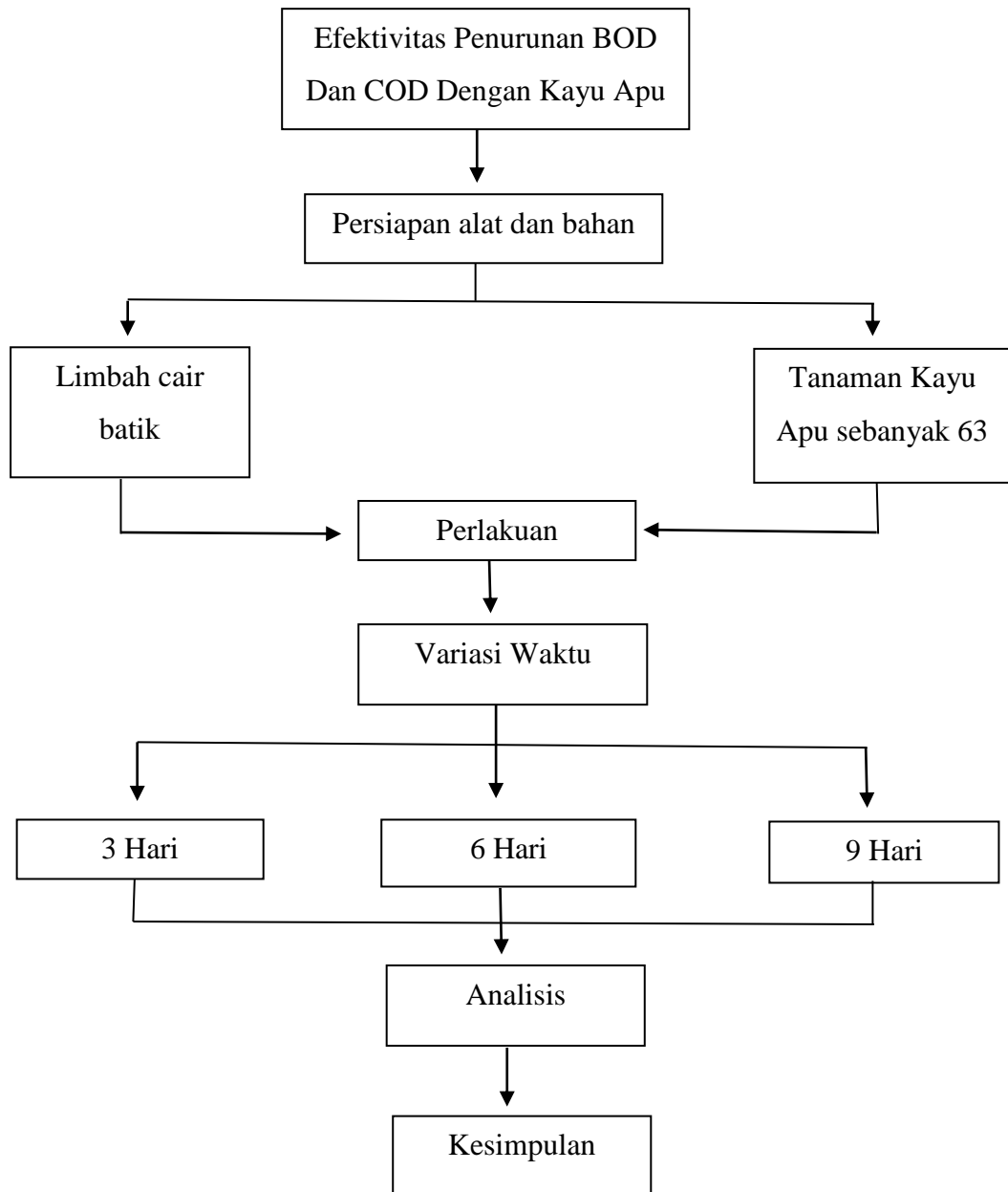
Gambar 2.3 Kerangka Konsep

Keterangan :

—————> Diteliti

- - - - -> Tidak Diteliti

E. Alur Penelitian



Gambar 2.4 Alur Penelitian