

## BAB II. LANDASAN TEORI

### A. Tinjauan Pustaka

#### 1. Limbah Cair Batik

Pada proses industri batik, mulai dari persiapan kain putih, pengkanjian dan penghilangan kanji, pewarnaan, pencetakan (*printing*), pencelupan, pengeringan, pencucian sampai penyempurnaan menghasilkan pencemar limbah cair dengan parameter BOD, COD dan bahan lain dari zat pewarna yang dipakai mengandung seperti zat organik, dan logam berat. Karakteristik limbah batik cetak adalah meliputi karakteristik fisika yaitu warna, bau, zat padat tersuspensi, temperatur, sedangkan karakteristik kimia yaitu bahan organik, anorganik, fenol, sulfur, pH, logam berat senyawa racun (nitrit), maupun gas. Limbah cair industri batik cetak juga mempunyai karakteristik dan komposisi yang sangat kompleks, seperti berwarna keruh, berbusa, pH tinggi, konsentrasi BOD tinggi, kandungan lemak alkali dan zat warna dimana di dalamnya terdapat kandungan logam berat.

Senyawa logam berat yang bersifat toksis yang terdapat pada buangan industri batik cetak, adalah Krom(Cr), Timbal (Pb), Nikel (Ni), tembaga (Cu), dan mangan (Mn). Sumber logam berat Krom (Cr) dan Timbal (Pb) yang bersifat toksis, dapat berasal dari zat pewarna ( $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) maupun sebagai mordan yaitu merupakan pengikat zat warna meliputi  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{PbCrO}_4$ . Mordan disebut juga sebagai zat khusus yang dapat meningkatkan lekatnya berbagai pewarna pada kain. (Mahida, 1984).

Sasongko (2010: 22) melakukan penelitian terhadap limbah buangan batik di daerah Pekalongan Selatan, hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa terdapat unsur Khromium dan unsur Kobalt, secara kuantitatif kadar dari unsur logam berat pada limbah pewarna batik adalah Khromium ( $0,1016 \pm 0,0678$ ) ppm untuk kelongsong pertama dan Khromium ( $0,1363 \pm 0,0000$ ) ppm untuk kelongsong kedua yang terdapat dalam sampel air serta Khromium ( $12176 \pm 0,2698$ ) ppm pada sedimen.

Zat warna batik/tekstil merupakan salah satu dari bahan berbahaya dan beracun. Zat warna ini sebagian besar berupa zat organik yang bahan dasarnya adalah residu pengolahan minyak bumi dan dapat bersifat karsinogen (penyebab kanker), menyebabkan alergi, menyebabkan mutagenic (perubahan genetik) dan kematian (LD 50). Di samping itu zat warna juga akan mengurangi/menghalangi sinar matahari yang akan masuk ke dalam air. Terhalangnya sinar matahari akan menyebabkan fotosintesis dalam air tidak berlangsung, kadar oksigen dalam air akan turun, degradasi limbah akan berjalan secara anaerob sehingga timbul bau yang tidak enak ( $\text{H}_2\text{S}$ , amoniak, dll.).

Dari sejumlah pengamatan terhadap air limbah yang dihasilkan dan dibuang di badan perairan (Sungai Kabanaran / Sungai Premulung), beberapa parameter kualitas air seperti ion Sulfida ( $\text{S}^{2-}$ ), amoniak ( $\text{NH}_3$ ), Phenol,  $\text{BOD}_5$  (*Biochemical Oxygen Demand*),  $\text{COD}$  (*Chemical Oxygen Demand*) melampaui ambang batas baku mutu yang ditoleransi. Beberapa dari industri tekstil bahkan membuang limbah dengan derajat keasaman (pH) yang melampaui pH normal. (Kristanto, 2002)

Pada industri batik dan tekstil banyak menggunakan zat warna reaktif dan *water glass* tergantung pada proses pencelupan dingin atau panas,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  dll. Pada pewarnaan dengan perlakuan panas menyebabkan reaksi kimia berlangsung lebih cepat dan mantap sehingga kain tahan luntur. Limbah zat warna remazol yang mengandung vinil (karsinogenik) dalam air dapat terakumulasi atau menempel pada organisme perairan dan melalui rantai makanan dapat menjadi biomagnifikasi. Di samping itu limbah remazol memberikan warna pada air sehingga mengurangi daya guna dan estetika air penerima limbah. Gas  $\text{H}_2\text{S}$  yang berbau busuk juga dapat menyebabkan iritasi paru-paru dan menurunkan kinerja panca indra dari manusia yang menghirupnya. Sedangkan udara yang tercemar gas amoniak ( $\text{NH}_3$ ) dapat menyebabkan kerusakan pada sel secara langsung yaitu iritasi pada semua lapisan mukosa. (Kusumastuti, dkk 2008)

## **2. Kadar BOD dan COD air limbah**

### **a. Pengertian BOD dan COD**

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Metcalf & Eddy, 2003). Bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*). BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah terurai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Metcalf & Eddy, 1991). Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Metcalf & Eddy, 2003), sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai, akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit terurai yang ada di perairan. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar dari COD. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada.

#### **b. Metode pengukuran BOD dan COD**

Prinsip pengukuran BOD pada dasarnya cukup sederhana, yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal ( $DO_1$ ) dari sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap ( $20^{\circ}C$ ) yang sering disebut dengan  $DO_5$ . Selisih  $DO_1$  dan  $DO_5$  ( $DO_1 - DO_5$ ) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L). Pengukuran oksigen dapat dilakukan secara analitik dengan cara titrasi (metode Winkler, iodometri) atau dengan menggunakan alat yang disebut DO meter yang dilengkapi dengan

probe khusus. Jadi pada prinsipnya dalam kondisi gelap, agar tidak terjadi proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen, dan dalam suhu yang tetap selama lima hari, diharapkan hanya terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme, sehingga yang terjadi hanyalah penggunaan oksigen, dan oksigen tersisa ditera sebagai  $DO_5$ . Yang penting diperhatikan dalam hal ini adalah mengupayakan agar masih ada oksigen tersisa pada pengamatan hari kelima sehingga  $DO_5$  tidak nol. Bila  $DO_5$  nol maka nilai BOD tidak dapat ditentukan.

Pada prakteknya, pengukuran BOD memerlukan kecermatan tertentu mengingat kondisi sampel atau perairan yang sangat bervariasi, sehingga kemungkinan diperlukan penetralan pH, pengenceran, aerasi, atau penambahan populasi bakteri. Pengenceran dan/atau aerasi diperlukan agar masih cukup tersisa oksigen pada hari kelima. Secara rinci metode pengukuran BOD diuraikan dalam (Metcalf & Eddy, 1991) atau referensi mengenai analisis air lainnya.

Melibatkan mikroorganisme (bakteri) sebagai pengurai bahan organik, maka analisis BOD memang cukup memerlukan waktu. Oksidasi biokimia adalah proses yang lambat. Dalam waktu 20 hari, oksidasi bahan organik karbon mencapai 95 – 99 %, dan dalam waktu 5 hari sekitar 60 – 70 % bahan organik telah terdekomposisi (Metcalf & Eddy, 1991). Lima hari inkubasi adalah kesepakatan umum dalam penentuan BOD. Bisa saja BOD ditentukan dengan menggunakan waktu inkubasi yang berbeda, asalkan dengan menyebutkan lama waktu tersebut dalam nilai yang dilaporkan (misal  $BOD_7$ ,  $BOD_{10}$ ) agar tidak salah dalam interpretasi atau memperbandingkan. Temperatur  $20^{\circ}C$  dalam inkubasi juga merupakan temperatur standar. Temperatur  $20^{\circ}C$  adalah nilai rata-rata temperatur sungai beraliran lambat di daerah beriklim sedang dimana teori BOD ini berasal. Untuk daerah tropik seperti Indonesia, bisa jadi temperatur inkubasi ini tidaklah tepat. Temperatur perairan tropik umumnya berkisar antara  $25 - 30^{\circ}C$ , dengan temperatur inkubasi yang relatif lebih rendah bisa jadi aktivitas bakteri pengurai juga lebih rendah dan tidak optimal sebagaimana yang diharapkan. Ini adalah salah satu kelemahan lain BOD selain waktu penentuan yang lama tersebut.

Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus reflux, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi. Pada

prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan. Kelemahannya, senyawa kompleks anorganik yang ada di perairan yang dapat teroksidasi juga ikut dalam reaksi (Metcalf & Eddy, 1991), sehingga dalam kasus-kasus tertentu nilai COD mungkin sedikit '*over estimate*' untuk gambaran kandungan bahan organik.

Nilai BOD baru dapat diketahui setelah waktu inkubasi lima hari, maka nilai COD dapat segera diketahui setelah satu atau dua jam. Walaupun jumlah total bahan organik dapat diketahui melalui COD dengan waktu penentuan yang lebih cepat, nilai BOD masih tetap diperlukan. Dengan mengetahui nilai BOD, akan diketahui proporsi jumlah bahan organik yang mudah terurai (*biodegradable*), dan ini akan memberikan gambaran jumlah oksigen yang akan terpakai untuk dekomposisi di perairan dalam sepekan (lima hari) mendatang. Lalu dengan memperbandingkan nilai BOD terhadap COD juga akan diketahui seberapa besar jumlah bahan-bahan organik yang lebih persisten yang ada di perairan.

### 3. Pengelolaan Limbah Cair Batik

Pengelolaan limbah batik dengan memanfaatkan teknologi pengolahan dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu cara fisika, kimia, dan biologis atau gabungan ketiga sistem pengolahan tersebut.

Cara fisika, merupakan metode pemisahan sebagian dari beban pencemaran khususnya padatan tersuspensi atau koloid dari air dengan memanfaatkan gaya-gaya fisika (Metcalf & Eddy, 2003). Dalam pengolahan air industri secara fisika, proses yang dapat digunakan antara lain adalah filtrasi dan pengendapan (sedimentasi). Filtrasi (penyaringan) menggunakan media penyaring terutama untuk menjernihkan dan memisahkan partikel-partikel kasar dan padatan



tersuspensi dari air. Dalam sedimentasi, flok-flok padatan dipisahkan dari aliran dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

Cara kimia, merupakan metode penghilangan atau konversi senyawa-senyawa polutan dalam air dengan penambahan bahan-bahan kimia atau reaksi kimia lainnya. Proses netralisasi biasanya diterapkan dengan cara penambahan asam atau basa guna menetralkan ion-ion terlarut dalam air sehingga memudahkan proses pengolahan selanjutnya. Dalam proses koagulasi-flokulasi menurut (MetCalf & Eddy, 2003), partikel-partikel koloid hidrofobik cenderung menyerap ion-ion bermuatan negatif dalam air melalui sifat absorpsi koloid tersebut, sehingga partikel tersebut menjadi bermuatan negatif. Koloid bermuatan negatif ini melalui gaya-gaya Van der Waals menarik ion-ion bermuatan berlawanan dan membentuk lapisan kokoh (lapisan *stern*) mengelilingi partikel inti. Selanjutnya lapisan kokoh *stern* yang bermuatan positif menarik ion-ion negatif lainnya dari dalam larutan membentuk lapisan kedua (lapisan *difus*). Kedua lapisan tersebut bersama-sama menyelimuti partikel-partikel koloid dan membuatnya menjadi stabil. Partikel-partikel koloid dalam keadaan stabil menurut Davis dkk (1991), cenderung tidak mau bergabung satu sama lainnya membentuk flok-flok berukuran lebih besar, sehingga tidak dapat dihilangkan dengan proses sedimentasi ataupun filtrasi.

Koagulasi pada dasarnya merupakan proses destabilisasi partikel koloid bermuatan dengan cara penambahan ion-ion bermuatan berlawanan (koagulan) ke dalam koloid, dengan demikian partikel koloid menjadi netral dan dapat beraglomerasi satu sama lain membentuk mikroflok. Selanjutnya mikroflok-mikroflok yang telah terbentuk dengan dibantu pengadukan lambat mengalami penggabungan menghasilkan makroflok (flokulasi), sehingga dapat dipisahkan dari dalam larutan dengan cara pengendapan atau filtrasi (MetCalf & Eddy, 2003). Koagulan yang biasa digunakan antara lain polielektrolit, aluminium, kapur, dan garam-garam besi. Masalah dalam pengolahan limbah secara kimiawi adalah banyaknya endapan lumpur yang dihasilkan (MetCalf & Eddy, 2003), sehingga membutuhkan penanganan lebih lanjut. Ayuningtyas, 2000 dan Koosdaryani, 2001, melakukan penelitian pengolahan limbah tekstil untuk penyisihan

konsentrasi warna buatan atau sintetis dengan menggunakan mikroba Rhizosfer yang hidup di perakaran Eceng Gondok.

Rhizosfer eceng gondok mampu menyisihkan konsentrasi zat warna hingga 83-92 % (Ajuningtias, 2000 dan Koosdaryani, 2001). Diduga kuat bahwa mikroorganisme *Clostridium septicum* merupakan bakteri dominan dan berperan besar dalam membantu mengikat zat warna tersebut.

**Tabel 1.** Hasil Penelitian Penghilangan Warna pada Zat Warna Azo Menggunakan Media Mikroba Rhizosfer yang hidup di Perakaran Eceng Gondok

Peneliti	Zat Warna	F (%)	Mikroorganisme	Cosubtrat
Ajuningtias (2000)	Acid Blue 113	83	Rhizosfer dari perakaran eceng gondok	Glukosa 1 gr/L Pepton 1 gr/L
Koosdaryani (2001)	Reactive Black	70 – 92	Rhizosfer dari perakaran eceng gondok	Glukosa 0,050 – 4 gr/L

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan (Ajuningtias, 2000) kinerja maksimum mikroba rhizosfer untuk menyisihkan konsentrasi zat warna sebesar 88-99% zat warna C.I Acid Blue 113 sebesar 20-3500 mg/L. Penurunan konsentrasi COD sebesar 4-7% pada percobaan dengan beban konsentrasi zat warna di atas 200mg/L. Pada percobaan konsentrasi ion ammonium dapat tersisih sebesar 28,38 – 72,54%. Kecenderungan penurunan konsentrasi ion ammonium sebanding dengan kenaikan konsentrasi warna. Kecepatan penyisihan pada konsentrasi warna 75 mg/L dengan konsentrasi TS yang berbeda. Nilai kecepatan penyisihan konsentrasi zat warna pada percobaan ini adalah 0,00016 mg/L/jam per mg/L TS. Persentase penyisihan konsentrasi zat warnanya 93%.

Hasil penelitian dan pembahasan seperti yang disampaikan sebelumnya dapat diambil kesimpulan, efisiensi penghilangan warna pada percobaan buangan sintetis menggunakan model zat warna *Reactive Black 5* dan mikroba rhizosfer

adalah sebesar 70-92% dengan variasi warna dari 50 mg/L sampai 4000 mg/L dan variasi konsentrasi glukosa dari 30 mg/L sampai 4000 mg/L.

Penelitian yang dilakukan (Koosdaryani, 2001) dengan menggunakan mikroba rhizosfer yang berasal dari cucian akar eceng gondok, dilakukan percobaan batch pada kondisi anaerob dengan zat warna sintetis *Reactive Black 5* menggunakan alat spectofotometer, pada panjang gelombang optimum 600 nm. Pengamatan proses penghilangan warna dilaksanakan. Selain itu juga diamati penurunan konsentrasi COD. Subtrat tambahan adalah glukosa. Penghilangan konsentrasi warna model zat warna di atas sebesar 70% - 92% untuk konsentrasi warna 4000 mg/L. Penurunan konsentrasi COD sangat kecil 3% - 5%. Kecepatan penurunan konsentrasi warna meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi warna sehingga mencapai titik maksimum yaitu  $r_{Wmaksimum} = 6,98 \text{ mg/L/jam per mg/L TS}$  dan  $C_W = 3500 \text{ mg/L}$ .

Demikian juga kecepatan penurunan warna meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi glukosa hingga mencapai titik maksimum, yaitu  $r_{Wmaksimum} = 0,0642 \text{ mg/L/jam per mg/L TS}$  dan  $C_G = 3500 \text{ mg/L}$ . Pengelolaan limbah jika dilihat dari tingkat perlakuan pengolahan maka system pengolahan limbah diklasifikasikan menjadi: *pretreatment*, *primary treatment system*, *secondary treatment system* dan *tertiary treatment system*.

Setiap tingkatan *treatment* terdiri pula atas sub-sub *treatment* yang satu dengan yang lain saling berbeda. Penggunaan setiap sub *treatment* dan ataupun gabungan satu dengan yang lain tergantung pada:

1. Jenis parameter pencemar yang terdapat dalam limbah

Sebelum suatu limbah diolah diperlukan analisis mengenai jenis dan kandungan bahan kimia ataupun bahan pencemar yang ada dalam limbah tersebut, ini sebagai upaya untuk mencegah adanya pencemaran dan kerusakan lingkungan akibat limbah.

2. Volume limbah



Apabila jumlah limbah hanya sedikit maka tidak membutuhkan penanganan khusus seperti tempat dan sarana pembuangan ,tetapi jika limbah yang dibuang dalam kapasitas yang besar sudah tentu memerlukan.

### 3. Sifat fisik dan kimia limbah

Sifat fisik dari limbah akan mempengaruhi pilihan tempat pembuangan akhir, sarana pengangkutan dan pilihan sistem pengolahan. Sifat kimia limbah merupakan sifat yang melekat pada limbah tersebut sebelum diolah seperti kandungan zat kimia yang ada dalam limbah.

Menurut tingkat proses atau perlakuannya pengelolaan limbah cair dapat digolongkan menjadi tiga tingkat yaitu:

#### a. *Primery treatment*

Pengolahan permulaan ini sering pula didahului dengan pra *treatment*. Pada umumnya setiap pengolahan limbah harus didahului pra perlakuan atau perlakuan pendahuluan. Pada air limbah banyak bahan-bahan terapung ikut bersama dengan limbah seperti kertas-kertas atau plastik atau kayu-kayu yang sukar dihindarkan terdapat juga pasir dan bahan-bahan lain yang kasat mata ikut mengalir bersama limbah, lalu di atas permukaan air terdapat lapisan minyak atau busa dan buih. Perlakuan dilakukan secara sederhana yaitu menyaring bahan kasar, mengendapkan pasir dan tanah dan menyaring minyak (Sugiarto, 1987).

#### b. *Secondary treatment*

Metode pengolahan dengan ini menggunakan bahan-bahan kimia agar senyawa-senyawa pencemar dalam limbah melalui reaksi kimia. Karena itu sistem pengoperasiannya disebut juga dengan cara kimia yaitu metode pengolahan dengan menghilangkan atau mengubah senyawa pencemar dalam air limbah dengan menambah bahan kimia. Pengolahan limbah dengan menggunakan bahan kimia bertujuan untuk mengendapkan bahan, mematikan bakteri pathogen mengikat dengan cara oksidasi atau reduksi menetralkan konsentrasi pelarutan asam dan desinfektan (Sugiarto, 1987).

#### c. *Tertiary treatment*

Metode ini digunakan bagi pengolahan limbah dengan konsentrasi bahan pencemar tinggi atau limbah dengan jenis parameter yang bervariasi banyak dengan volume yang relatif banyak. Sistem operasinya dikenal dengan operasi biologi yaitu metode pengolahan dengan menghilangkan senyawa pencemar melalui aktivitas biologikal yang dilakukan pada peralatan unit proses biologi. Metode ini dipakai terutama untuk menghilangkan bahan organik *biodegradable* dalam limbah cair. Unit proses yang dipakai pada proses biologi yaitu kolam aerobik, aerasi, lumpur aktif, kolam oksidasi, saringan biologi, dan kolam anaerobik. Dalam air limbah mungkin terdiri dari satu atau lebih parameter pencemar melampaui nilai yang ditetapkan. Kemungkinan di dalamnya terdapat minyak dan lemak, bahan-bahan organik seperti besi, aluminium, nikel, plumbum, barium, phenol, dan lain-lain sehingga perlu kombinasi dari beberapa alat (Sugiarto, 1987).

#### **4. Penyaluran Limbah Cair Batik**

Media yang akan digunakan sebagai media penyaluran air limbah batik adalah mikroba yang ada di perakaran eceng gondok, dengan cara air limbah batik disalurkan ke dalam kolam yang berisi eceng gondok.

##### **a. Eceng Gondok**

Walaupun eceng gondok dianggap sebagai gulma di perairan, tetapi sebenarnya ia berperan dalam menangkap polutan logam berat. Untuk mengatasi adanya logam berat pada perairan, digunakan eceng gondok yang mampu menyerap logam berat. Potensi *Eichornia crassipes Solms* (eceng gondok) dalam menyerap logam berat diduga karena adanya banyaknya jaringan ruang-ruang besar yang berpotensi kelat yang mampu mengikat logam berat seperti Cr (Chrom) (Syahrul 1998; Rita D dkk 2009). Penelitian yang dilakukan oleh Effendi (2003) mengemukakan bahwa kemampuan tanaman eceng gondok dalam menyerap Pb cukup tinggi dari 0,4 ppm sampai nol (tidak terdeteksi).

Kemampuan eceng gondok dalam mengurangi kadar logam berat pada perairan juga didukung dengan adanya keunggulan tanaman ini dalam melakukan

kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari. Selain itu, struktur tubuh eceng gondok juga menjadi bagian penting dalam proses tersebut. Bagian dinding permukaan akar, batang dan daunnya memiliki lapisan yang sangat peka sehingga pada kedalaman yang ekstrem sampai 8 meter di bawah permukaan air masih mampu menyerap sinar matahari serta zat-zat yang larut di bawah permukaan air. Akar, batang, dan daunnya juga memiliki kantung-kantung udara sehingga mampu mengapung di air.



**Gambar 1.** Eceng Gondok

Struktur tanaman eceng gondok yang digunakan dalam penyerapan logam berat pada perairan, misalnya, akar. Bahan-bahan organik maupun anorganik termasuk logam berat, khususnya Cu yang terlarut di dalam air dapat direduksi oleh mikrobia rhizosfera yang terdapat pada akar eceng gondok dengan cara menyerapnya dari perairan dan sedimen kemudian mengakumulasi bahan terlarut ini ke dalam struktur tubuhnya (Suriawiria, 1993). Selain itu, sel-sel akar pada eceng gondok umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari pada medium sekitarnya yang biasanya bermuatan negatif. Penyerapan ini melibatkan energi sebagai konsekuensi dan keberadaannya. (Foth, 1991 dalam Rita D, 2009).

Proses penyerapan eceng gondok dalam menyerap kadar logam berat pada perairan dilakukan dengan menggunakan sel-sel yang terdapat dalam tubuh tanaman, tepatnya pada sel-sel akar. Eceng gondok bisa melakukan perubahan pH di dalam akar, kemudian membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor.

Zat inilah yang kemudian mengikat logam dan dibawa ke dalam sel akar. Agar penyerapan logam meningkat, maka eceng gondok membentuk molekul rediktase di membran akar. Model transportasi di dalam tubuh tanaman ini adalah logam yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem, lalu ke bagian tanaman lain. Lokalisasi logam pada jaringan bertujuan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, sehingga tanaman akan melakukan detoksifikasi, misalnya menimbun logam ke dalam organ tertentu seperti akar (Foth, 1991 dalam Rita D, 2009).

Keunggulan lain dari eceng gondok adalah dapat menyerap senyawa nitrogen dan fosfor dari air yang tercemar, serta berpotensi untuk digunakan sebagai komponen utama pembersih air limbah dari berbagai industri dan rumah tangga. Menurut (Widyanto dan Suselo 1977 dalam Hartanti, 2013), kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam berat tergantung pada beberapa hal, seperti jenis logam berat dan umur gulma. Penyerapan logam berat per satuan berat kering tersebut lebih tinggi pada umur muda daripada umur tua. Logam berat beracun yang dapat diserap oleh eceng gondok terhadap berat keringnya adalah Cd (1,35 mg/g), Hg (1,77 mg/g), dan Ni (1,16 mg/g) dengan larutan yang masing-masing mengandung logam berat sebesar 3 ppm. Muramoto dan Oki 1983 dalam Tosepu, 2012) mengungkapkan, eceng gondok mampu menyerap logam berat Cd sebesar 1,24 mg/g; Pb sebesar 1,93 mg/g; dan Hg sebesar 0,98 mg/g terhadap berat keringnya yang ditumbuhkan dalam media yang mengandung logam berat 1 ppm. Sementara itu, hasil percobaan lain menunjukkan kadar logam berat Hg dan As yang mampu diserap oleh eceng gondok masing-masing sebesar 2,23 dan 3,28 mg/g dari berat keringnya.

## **5. Penyaringan Limbah Cair Industri Tekstil Batik**

Media yang akan digunakan sebagai media penyaring air limbah industri tekstil batik adalah: ampas tebu, sekam padi, arang bambu.

### **a. Ampas Tebu**

Tebu (bahasa Inggris: *sugar cane*) adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Tanaman ini termasuk jenis rumput-rumputan. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Di Indonesia tebu banyak dibudidayakan di Pulau Jawa dan Sumatra. Tebu (*Saccharum officinarum* L.) mempunyai klasifikasi ilmiah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Divisi : Manoliophyta

Kelas : Liliopsida

Ordo : Poales

Famili : Poaceae

Genus : *Saccharum*

Spesies : *Saccharum officinarum* L.

Ampas tebu yang kering adalah biomassa yang mempunyai nilai kalori cukup tinggi. Ibu-ibu di pedesaan sering memakai dadhok itu sebagai bahan bakar untuk memasak. Selain menghemat minyak tanah yang makin mahal, bahan bakar ini juga cepat panas. Ampas tebu yang dihasilkan memiliki kandungan selulosa dan pentosan lebih banyak seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



**Gambar 2.** Ampas Tebu

#### **b. Sekam Padi**

Sekam adalah bagian dari bulir padi-padian (*serealia*) berupa lembaran yang kering, bersisik, dan tidak dapat dimakan, yang melindungi bagian dalam (*endospermium* dan *embrio*). Sekam dapat dijumpai pada hampir semua anggota



rumput-rumputan (*Poaceae*), meskipun pada beberapa jenis budidaya ditemukan pula variasi bulir tanpa sekam (misalnya jagung dan gandum).



**Gambar 3.** Sekam Padi

Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar ataupun sebagai absorpsi pada logam-logam berat. Sekam tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang sangat keras. Pada keadaan normal, sekam berperan penting dari melindungi biji beras dan kerusakan yang disebabkan oleh serangan jamur, dapat mencegah reaksi ketengikan karena dapat melindungi lapisan tipis yang kaya minyak terhadap kerusakan mekanis selama pemanenan, penggilingan dan pengangkutan. ( Haryadi. 2006 ).

Ditinjau dari komposisi kimiawinya, sekam mengandung beberapa unsur penting sebagai yang tercantum pada Tabel 2:

**Tabel 2.** Komposisi Kimia Sekam Padi

Komponen	Berat (%)
Kadar air	32,40 – 11,35
Protein kasar	1,70 – 7,26
Lemak	0,38 – 2,98
Ekstrak nitrogen bebas	24,70 – 38,79
Serat	31,37 – 49,92
Abu	13,16 – 29,04
Pentosa	16,94 – 21,95
Sellulosa	34,34 – 43,80
Lignin	21,40 – 46,97

*Sumber: Ismunadji dkk, 1988*

Pemanfaatan sekam antara lain sebagai sumber energi, abu gosok yaitu untuk keperluan rumah tangga, bahan pencampur untuk pembuatan semen portland dalam bidang industri, selain itu untuk menjernihkan air. Pemanfaatan sekam padi untuk menjernihkan air yaitu melalui proses filtrasi/penyaringan partikel, koagulasi dan absorpsi. Akan tetapi karbon yang terkandung di dalam sekam padi berfungsi sebagai koagulan pembantu dengan menyerap atau menurunkan logam – logam pada air yang tercemar.

**c. Arang Bambu**

Bambu merupakan tanaman yang tidak asing lagi bagi masyarakat Indonesia. Tanaman ini sudah menyebar di seluruh Kawasan Nusantara. Dalam pertumbuhannya tanaman ini tidak terlalu banyak menuntut persyaratan. Bambu dapat tumbuh di daerah iklim basah sampai kering, dari dataran rendah hingga ke daerah pegunungan. Tak heran jika keberadaannya banyak dijumpai di berbagai tempat, baik sengaja ditumbuhkan maupun tumbuh secara alami.

Arang bambu diperoleh dari hasil pembakaran bamboo dan mengandung karbon. Struktur bambu adalah sangat berpori, menciptakan sejumlah besar luas permukaan. Ini membantu memberikan arang bambu kemampuan luar biasa untuk menyerap bau dan memurnikan udara (Setyawan, 2013). Ada juga mikroorganisme dalam struktur berpori arang bambu yang dapat mendegradasi bahan kimia berbahaya.

Ada beberapa cara untuk menurunkan kandungan ion-ion timbal (Pb) dari larutan yaitu melalui proses pengendapan dan pertukaran ion, evaporasi, elektrodialisis serta penyerapan dengan karbon aktif, akan tetapi pada cara tersebut relatif mahal dan menimbulkan masalah baru. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian menggunakan tanaman bambu air sebagai adsorben untuk menyerap timbal (Pb) dalam air limbah artifisial, dikarenakan tanaman bambu air memiliki kemampuan menyerap kandungan timbal dalam limbah sehingga penelitian ini dapat juga meningkatkan manfaat tanaman bambu air selain sebagai tanaman hias, obat – obatan serta ramah terhadap lingkungan. Tumbuhan bambu air memiliki toleransi yang tinggi terhadap timbal (Pb). Tanaman bambu air

mampu menyisihkan Pb sebesar 30-70% pada pengolahan air limbah dari peternakan babi. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, tanaman bambu air yang dimanfaatkan berupa tumbuhan hidup, dimana tanaman ini sering digunakan sebagai tanaman hias untuk digunakan sebagai adsorben pada penurunan kandungan Pb dalam air limbah. Tanaman bambu pada bagian akarnya mengandung selulosa yang sangat potensial sebagai salah satu bahan adsorben yang bagus penyerapan Pb hingga 70 % (Benefield, 1982). Tanaman lain yang dicatat memiliki kemampuan mengikat pada limbah adalah *Equisetum hyemale*. Rinandar Muslimin (2012) mencatat bahwa tanaman ini sangat efektif dalam mengikat silikat dalam tanah terutama pada tanaman yang lebih muda.

Karena kandungan silikatnya yang cukup tinggi pada bagian batangnya, tumbuhan ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengikat. Akhir-akhir ini, *Equisetum hyemale* sangat populer digunakan sebagai tanaman hias dan beberapa spesies dari *Equisetum* juga dapat digunakan sebagai bahan obat-obatan. Selain itu *Equisetum* yang masih berumur muda sangat efektif bila dijadikan sebagai objek pengikat logam, hal ini ditandai dengan efektifnya kinerja silikat dalam mengikat kandungan limbah, namun sebaliknya untuk *Equisetum* yang berumur agak tua akan memiliki kekurangan yaitu produksi silikat akan berkurang sehingga berpengaruh dalam upaya mengikat kandungan limbah (Rinandar Muslimin, 2012)

Arang bambu mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai penyerap dan pelepas unsur hara (pupuk) dalam bidang kesuburan tanah karena memiliki luas permukaan dalam yang besar dan kurang lebih sama dengan koloid tanah. Arang aktif mempunyai daya serap (absorpsi) yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap (Damanauw, 1990).



**Gambar 4.** Arang Bambu

## **6. Persyaratan Mutu Air Limbah**

Dalam rangka mengendalikan pencemaran air limbah oleh pelaku usaha, pemerintah pusat dan daerah telah menetapkan berbagai peraturan yang berkaitan dengan kualitas air limbah, debit air limbah, dan beban maksimum air limbah yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air. Peraturan tersebut dikenal dengan peraturan Baku Mutu Air Limbah Industri.

Penetapan baku mutu air limbah didasarkan pada dua (2) aspek yaitu: berdasarkan air limbah yang dihasilkan oleh setiap industri disebut sebagai standar air limbah (*Fluent Standard*), dan berdasarkan peruntukan dari badan air penerima disebut sebagai standar air badan penerima (*Stream Standard*). Dalam penentuan baku mutu air limbah diperkenalkan berbagai istilah diantaranya:

1. Limbah cair, merupakan limbah dalam bentuk cair yang dihasilkan suatu aktivitas yang dibuang ke lingkungan hidup dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan hidup,
2. Baku mutu air limbah, adalah batas maksimum limbah cair yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan,
3. Mutu air limbah, merupakan keadaan air limbah yang dinyatakan dengan debit, kadar dan beban pencemar,
4. Debit maksimum, merupakan debit tertinggi yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan hidup,
5. Kadar maksimum, merupakan kadar tertinggi yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan hidup,

6. Beban pencemaran maksimum, merupakan beban pencemaran tertinggi yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan hidup.

Baku mutu air limbah industri tekstil dan batik menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 sebagaimana Tabel 3.

**Tabel 3.** Baku Mutu Air Limbah Tekstil Batik

NO	PARAMETER	KADAR MAKS (mg/l)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ton)							
			Tekstil Terpadu	Pencucian Kapas, Peminatan, Penunaman	Pereakan (Sizing) Desizing	Pengilasan Pemasakan (Klaring, Scouring)	Pemucatan (Bleaching)	Marsesi sasi	Pencelupan (Dyeing)	Pencetakan (Printing)
1.	Temperatur	38 °C	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	BOD <sub>5</sub>	60	6,00	0,42	0,6	1,44	1,08	0,9	1,2	0,36
3.	COD	150	15,0	1,05	1,5	3,6	2,7	2,25	3,0	0,9
4.	TSS	50	5,00	0,35	0,5	1,2	0,9	0,75	1,0	0,3
5.	Fenol total	0,5	0,05	0,004	0,005	0,012	0,009	0,008	0,01	0,003
6.	Krom total (Cr)	0,0	0,10	-	-	-	-	-	0,02	0,006
7.	Amoniak total (NH <sub>3</sub> -N)	8,0	0,80	0,056	0,08	0,192	0,144	0,12	0,16	0,048
8.	Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03	0,002	0,003	0,007	0,0054	0,005	0,006	0,002
9.	Minyak dan lemak	3,0	0,30	0,021	0,03	0,07	0,054	0,045	0,06	0,018
10.	pH	-	-	-	-	6,0 - 9,0	-	-	-	-
11.	Debit Maksimum (m <sup>3</sup> /ton produk tekstil)	-	100	7	10	24	18	15	20	6

Sumber : (Perda Jateng 2012 hal. 18.)

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan pengolahan limbah khususnya limbah cair batik dan dapat dijadikan acuan/literatur untuk penelitian ini. Penelitian tersebut antara lain adalah :

Nuansa Kharismawastu dkk (2011), yang meneliti mengenai pembuatan alat pengolahan limbah cair industri batik dengan proses kombinasi absorpsi dan elektrolisis. Penelitian ini menggunakan teknik absorpsi dan elektrolisis untuk mengolah limbah cair batik. Proses absorpsi menggunakan batuan zeolit sebagai adsorben, sedangkan proses elektrolisis menggunakan katoda dan anoda yang dialiri arus listrik searah. Dari hasil uji alat diperoleh hasil bahwa dengan proses kombinasi absorpsi dan elektrolisis mampu menurunkan parameter pencemaran air limbah, dalam hal ini parameter yang ditinjau adalah COD, BOD, dan logam Cr.



Penelitian Riyanto (2011), yang menggunakan metode elektrolisis dengan anoda dan katoda platinum. Hasil dari metode ini mampu menurunkan kandungan zat pencemar dalam air limbah batik, yang meliputi parameter COD, Cr, Pb, Cd, As, dan Hg.

Choni Puspitahati dkk (2001), lebih lanjut menemukan penggunaan sistem saringan pasir lambat ditambah dengan media karbon aktif. Hasilnya dari sistem *biosand filter* ini dapat menurunkan kadar fosfat hingga 19,8%.

Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh Tetty Kemala, dkk (2006), dengan tema absorpsi karbon aktif termodifikasi-zink klorida terhadap surfaktan amonia pada berbagai pH. Dengan memanfaatkan karbon aktif dari tempurung kelapa yang diaktivasi dengan  $\text{ZnCl}_2$  5% untuk mengabsorpsi bahan pencemar. Bahan pencemar yang digunakan adalah detergen yang mengandung surfaktan anionik jenis *linear alkil benzasulfonat* (LAS). Absorpsi dilakukan pada pH 3, 6, dan 7 yang dikondisikan dengan penambahan HCl dan NaOH. Dan hasil yang diperoleh efisiensi pengurangan LAS tertinggi pada pH 3 yaitu 87,5%.

Penelitian tentang pengolahan limbah industri tekstil batik telah banyak dilakukan untuk terus menemukan cara yang paling efektif dan murah dalam mengolah limbah khususnya limbah batik. Dalam penelitian ini adalah yang pertama dilakukan dengan menguraikan zat warna terlebih dahulu dengan cara memasukkan limbah cair ke bak berisi tanaman eceng gondok, kemudian dilanjutkan dengan teknik absorpsi menggunakan masing-masing satu jenis limbah atau semua campuran ampas tebu, sekam padi, arang bambu untuk mengolah limbah industri tekstil batik. Adapun parameter zat pencemar yang diuji adalah pH, BOD, COD, TSS, dan TDS.

## **B. Landasan Teori**

### **1. Limbah Cair Industri Tekstil Batik**

Limbah cair industri batik/tekstil memiliki karakteristik dan komposisi yang sangat kompleks. Kandungan zat pencemar yang ada di dalamnya sangat tergantung pada jenis serta bahan yang diolah, jenis proses serta bahan kimia yang digunakan/zat warna. Zat warna batik/tekstil merupakan salah satu dari

bahan berbahaya dan beracun. Zat warna ini sebagian besar berupa zat organik yang bahan dasarnya adalah residu pengolahan minyak bumi dan dapat bersifat karsinogen (penyebab kanker), menyebabkan alergi, menyebabkan mutagenic (perubahan genetik) dan kematian (LD 50). Di samping itu zat warna juga akan mengurangi/menghalangi sinar matahari yang akan masuk ke dalam air. Terhalangnya sinar matahari akan menyebabkan fotosintesis dalam air tidak berlangsung, kadar oksigen dalam air akan turun, degradasi limbah akan berjalan secara anaerob sehingga timbul bau yang tidak enak ( $H_2S$ , dan amoniak).

## **2. Parameter Air Limbah Batik**

Dalam penelitian ini, parameter pencemaran air limbah batik yang digunakan adalah:

### **1. pH**

Karakteristik air limbah dapat ditinjau dari pH, yang menyatakan keasaman atau alkalinitas dari suatu cairan encer dan mewakili konsentrasi hidrogen ionnya. Pengukuran pH adalah sesuatu yang penting dan praktis, karena banyak reaksi-reaksi kimia dan biokimia yang penting terjadi pada tingkat pH yang khusus atau dalam kisaran pH sempit (Mahida, 1984).

### **2. BOD (*Biological Oxygen Demand*)**

*Biological Oxygen Demand* (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis adalah menunjukkan oksigen dalam mg/l (ppm) yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik oleh bakteri, sehingga air limbah menjadi jernih kembali. BOD makin tinggi menunjukkan bahwa derajat pengotoran air makin besar. Untuk laboratorium diperlukan waktu 5 hari pada suhu  $20^{\circ}C$  (Sugiharto, 1987).

### **3. COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

*Chemical Oxygen Demand* (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia adalah banyaknya oksigen dalam mg/l (ppm) yang diperlukan untuk menguraikan zat organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987).

### **4. *Total Suspended Solid* (TSS)**

*Total Suspended Solid* (TSS) adalah jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron (Sugiharto, 1987).

5. *Total Dissolved Solid* (TDS)

*Total Dissolved Solid* (TdS) adalah jumlah material yang terlarut di dalam air. Material ini dapat berupa karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, ion-ion organik, senyawa koloid dan lain-lain (WHO, 2003). Nilai Baku mutu air terhadap parameter uji yang diperbolehkan menurut standar nasional adalah 1000 mg/L (Kementrian Kesehatan, 2010)

6. Amoniak ( $\text{NH}_3$ )

Amoniak adalah penyebab iritasi dan korosi, meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme dan mengganggu proses desinfeksi dengan khlor (Soemirat, 1994).

7. Logam Berat

Senyawa logam berat yang berbahaya dan bersifat toksis dalam air limbah industri batik cetak biasanya berasal dari zat warna. Logam berat tersebut antara lain: Krom (Cr), Timbal (Pb), Nikel (Ni), Tembaga (Cu), dan Mangan (Mn). Logam krom (Cr) adalah salah satu jenis polutan logam berat yang bersifat toksik, dalam tubuh logam krom biasanya berada dalam keadaan sebagai ion  $\text{Cr}^{3+}$ . Krom dapat menyebabkan kanker paru-paru, kerusakan hati (liver) dan ginjal. Jika kontak dengan kulit menyebabkan iritasi dan jika tertelan menyebabkan sakit paru-paru dan muntah (Mahida, 1984).

**Tabel 4.** Hasil Penelitian Sebelumnya Mengenai Pengolahan Limbah Cair Batik Dengan Melalui Media Penyaringan yang Berbeda-beda.

Peneliti	Jenis limbah	Media	Hasil Pemeriksaan Laboratorium		Kadar Maksimal yang Diperoleh
			Sebelum Disaring	Hasil Penyaringan	
Rosiana, 2013	Limbah cair batik dari kelurahan Sondakan Laweyan Surakarta	Pasir silika, sphagnum moss, zeolit, kerikil	1. BOD <sub>5</sub> = 12,97 mg/l	1,89 mg/l (85%)	60 mg/l
			2. COD = 370,4 mg/l	143,99 mg/l (61%)	150 mg/l
			3. Khromium Total = 0,01 mg/l	0,07 mg/l (naik 60%) 17,74	1 mg/l
			4. PH = 8,86	(12%)	6,0 – 9,0
Asidiq, 2013	Limbah cair batik dari kelurahan Pajang Laweyan Surakarta	Pasir silika, arang ampas tebu, zeolit, dan kerikil	1. BOD <sub>5</sub> = 87,70 mg/l	63,23 mg/l (28%)	60 mg/l
			2. COD = 1694 mg/l	211,75 mg/l (88%)	150 mg/l
			3. Khromium Total < 0,01 mg/l	0,07 mg/l	1 mg/l
			4. PH = 7,32	7,18 (1,9%)	6,0 – 9,0
Setiyawan , 2013	Limbah cair batik di Mangkuyudan Surakarta	Pasir kuarsa, serbuk arang bambu, sekam padi, zeolit	1. PH = 8,53	6,99 (18%)	6,0 – 9,0 60 mg/l
			2. BOD= 4,73 mg/l	41,16 mg/l (770,2%)	
			3. COD= 2724 mg/l	454 mg/l (83%)	150 mg/l
			4. TSS = 42 mg/l	102 mg/l (naik 143%)	50 mg/l
			5. Amoniak total= (NH <sub>3</sub> -N) 1,92 mg/l	4,23 mg/l (120%)	8,0 mg/l

**Tabel 5.** Contoh Penelitian Sebelumnya Mengenai Pengolahan Limbah Cair Batik

Nama (Tahun)	Opini
Sumiyati Sri, Sutrisno Endro, Syahputra Nuari Harry ( 2011)	<p>Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat efisiensi penurunan kadar <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD), <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) dan kadar melalui proses elektrokoagulasi.</p> <p>Penelitian menggunakan tiga plat elektroda yaitu Aluminium (Al), Besi (Fe) dan Seng (Zn). Berdasarkan hasil laboratorium, setelah dilakukan analisa menunjukkan adanya penurunan konsentrasi COD,BOD dan Warna dengan efisiensi penurunan maksimum yaitu sebesar 99,63%, 99,22%, dan 98,40% yang pada proses eletrokoagulasi kontinu dengan menggunakan plat elektroda Aluminium (Al). Dari 3 (Tiga) plat elektroda yang digunakan ada penelitian ini yaitu Aluminium (Al), Besi (Fe) dan Seng (Zn), yang paling efektif digunakan untuk menurunkan konsentrasi COD, BOD dan warna dalam limbah industri cair batik adalah plat elektroda.</p>
Pareira dan Alves (2013)	<p>Limbah cair yang dihasilkan oleh industri batik di Sidoarjo Jetis yang langsung dibuang ke badan air akan meningkatkan konsentrasi COD, BOD, TSS, pH, Sulfide, Ammonia, Chromium, Fenium, Minyak, dan Lemak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan konsentrasi COD, BOD, TSS, pH, Total Sulfida, Amonia, Total Kromium, Fenol, Minyak dan Lemak di Sungai Jetis Sidoarjo. Pengambilan sampel limbah batik dilakukan dengan cara ambil. Contoh analisis dengan pH meter, Gravimetri, Refluks, Winkler, Iodometri, Kjeldahl, AAS dan spektrofotometri. Pengambilan sampel dilakukan pada saat proses produksi industri batik. Hasil uji laboratorium ke SK. Gubernur Jawa Timur, 45 tahun 2002, pH, TSS = 160,00 mg / l, COD = 400,00 mg / l O<sub>2</sub>, BOD = 164 mg / l, Minyak dan Lemak = 600,00 mg / l. Alternatif</p>



Nama (Tahun)	Opini
	<p>yang sesuai untuk pengolahan air limbah dengan sistem pengolahan limbah menggunakan kombinasi tawas dan fisika biologi, yaitu pengolahan penyerap arang tempurung kelapa dan Anaerobic Baffle Reactor (ABR). ABR mampu memisahkan COD hingga 98%, pemrosesan fisika dapat menurunkan kadar COD, Mn selama 6 jam dan 60 menit untuk waktu pengendapan koagulan konsentrasi 50 ppm sama dengan 67,05% dan batok kelapa untuk menghilangkan warna.</p>
Kurniawan M W, Purwanto, Sudarno (2013)	<p>Industri batik menimbulkan dampak air limbah organik dalam jumlah yang besar, warna yang pekat, berbau menyengat dan memiliki suhu, keasaman (pH), <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD), <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) serta <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) yang tinggi. Penelitian ini dilakukan di Desa Banaran menyusun strategi pengelolaan air limbah dalam perspektif <i>good governance</i> berdasarkan kajian aspek teknis, aspek ekonomi, aspek manajemen dan aspek sosial dengan menggunakan analisis SWOT (<i>Strength, Weakness, Opportunity and Threats</i>) dilanjutkan penentuan prioritas strategi dengan metode AHP (<i>Analytical Hierarchy Process</i>). Berdasarkan hasil analisis SWOT dan metode AHP menghasilkan prioritas strategi untuk mewujudkan pengelolaan air limbah UMKM Batik yaitu : (1) Aspek Manajemen : penyusunan kebijakan dan program pengelolaan air limbah UMKM Batik, (2) Aspek Teknis : penentuan lahan untuk Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang representatif, (3) Aspek Ekonomi : swadana UMKM Batik dalam operasional dan perawatan IPAL dan (4) Aspek Sosial : pembinaan teknis</p>

Nama (Tahun)	Opini
	Kepada UMKM Batik dalam pengelolaan air limbah.
Riyani Kapti, Tien Setyaningtyas, Dian Windy Dwiasih (2012)	Limbah cair batik berasal dari salah satu industri batik di Sokaraja, Banyumas, Jawa Tengah. Penelitian ini dimulai dengan pembuatan fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-N}$ , dengan perbandingan molar $\text{TiO}_2\text{:urea}$ adalah 95:5 dan 90:10. Selanjutnya $\text{TiO}_2$ standar; $\text{TiO}_2\text{-dopan-N}$ (95:5); dan $\text{N-dopan TiO}_2$ (90:10) dikarakterisasi menggunakan XRD dan DRS. Hasil penelitian menunjukkan puncak kristal $\text{TiO}_2$ anatase standar, $\text{TiO}_2\text{-dopan-N}$ (95:5) dan $\text{TiO}_2\text{-dopan-N}$ (90:10) berturut-turut pada $2\theta = 25,5794^\circ$ , $2\theta = 25,5398^\circ$ dan $2\theta = 25,7286^\circ$ . Energi celah pita $\text{TiO}_2$ anatase standar, $\text{TiO}_2\text{-dopan-N}$ (95:5), dan $\text{TiO}_2\text{-dopan-N}$ (90:10) berturut-turut adalah 3,342 eV, 3,337 eV dan 3,268 eV. Uji aktivitas fotokatalis dilakukan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energinya dengan lama penyinaran 5 jam. Penambahan Urea pada fotokatalis $\text{TiO}_2$ akan meningkatkan aktivitas fotokatalis, perbandingan molar $\text{TiO}_2$ : Urea optimum pada perbandingan 90:10, dengan persen penurunan BOD dan COD berturut-turut sebesar 48,4 % dan 72,73 %.
Nugroho Sigit, Prasetya Agung Tri, Wahyuni Sri (2013)	Penelitian ini bertujuan untuk mencari kondisi optimum yang meliputi pH larutan, Kuat Arus dan Konsentrasi elektrolit. Kajian ini dilakukan dengan mengelektrolisis indigosol golden yellow IRK sebanyak 100 mL konsentrasi 100 ppm dengan potensial 6 V selama 30 menit variasi pH 2,4,6, variasi kuatarus 0.5;1;5 ampere dan konsentrasi elektrolit 0.5;1;2 M. Larutan sisa elektrolisis diekstraksi dengan dietil eter, filtrat dianalisis dengan menggunakan GC-MS. Data pengamatan menunjukkan bahwa kondisi optimum pH, kuat arus dan konsentrasi elektrolit adalah pada pH 4, kuat arus 1 A

Nama (Tahun)	Opini
	dan konsentrasi elektrolit 0,5 M dalam aplikasi kondisi optimum ke limbah batik mampu menurunkan konsentrasi mula 917,5 ppm menjadi 86 ppm atau turun 90%.Data GC-MS zat warnaterdegradasi menjadi senyawa karbon rantai pendek.

### 3. Pengelolaan Limbah Cair

Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisihkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan:

1. pengolahan secara fisika
2. pengolahan secara kimia
3. pengolahan secara biologi

Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi.

Dalam penelitian ini digunakan proses pemijahan limbah cair melalui mikroba di perakaran eceng gondok. Pemijahan dengan cara mengalirkan limbah cair ke kolam yang berisi tanaman eceng gondok. Mikroba yang hidup di perakaran eceng gondok mampu mendegradasi warna yang terdapat dalam limbah cair. Adsorben di penelitian ini sebagai media menggunakan limbah organik ampas tebu, sekam padi, dan arang bambu yang dimasukkan ke dalam reaktor kolom.

Dalam proses penelitian ini, yang diharapkan dominan pada proses tersebut adalah proses absorpsi, karena hampir tidak ada kandungan zat padat pada limbah cair batik. Absorpsi adalah suatu proses penyerapan suatu fasa tertentu (gas, cair) pada permukaan adsorben yang berupa padatan. Absorpsi ada 2 macam, yaitu :

#### a. *Physisorption* (absorpsi fisika)

Terjadi karena gaya Van der Waals dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi

terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diabsorpsi oleh permukaan media. *Physisorption* ini memiliki gaya tarik Van der Waals yang kekuatannya relatif kecil.

Contoh : Absorpsi oleh karbon aktif. Aktivasi karbon aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan absorpsi yang besar. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media absorpsi.

b. *Chemisorption* (absorpsi kimia)

*Chemisorption* terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media.

Contoh : *Ion exchanger*.

Proses absorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul zat terlarut meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982). Proses absorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengabsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain. Pada proses absorpsi terbagi menjadi 4 tahap yaitu :

- a. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang terabsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
- b. Difusi zat terlarut yang terabsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*).
- c. Difusi zat terlarut yang terabsorpsi melalui kapiler/pori dalam adsorben (*pore diffusion process*).
- d. Absorpsi zat terlarut yang terabsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben. (proses absorpsi sebenarnya). (Reynolds, 1982).

Operasi dari proses absorpsi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. Proses absorpsi dilakukan dalam suatu bak dengan sistem pengadukan, dimana penyerap yang biasanya berbentuk serbuk dibubuhkan, dicampur dan diaduk dengan air dalam suatu bangunan sehingga terjadi penolakan antara partikel penyerap dengan fluida.

2. Proses absorpsi yang dijalankan dalam suatu bejana/bak dengan sistem filtrasi, dimana bejana yang berisi media penyerap di alirkan air dengan model pengaliran gravitasi. Jenis media penyerap sering digunakan dalam bentuk bongkahan atau butiran/granular dan proses absorpsi biasanya terjadi selama air berada di dalam media penyerap (Reynold, 1982).

Menurut Reynold (1982) ada beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas absorpsi yaitu :

1. Luas permukaan adsorben

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses absorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter adsorben maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel adsorben

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan absorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk bulir adalah lebih dari 0,1 mm, sedangkan ukuran dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh.

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses absorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung dengan baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontaknya cukup dan waktu kontak berkisar 10-15 menit.

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk ke dalam partikel adsorben. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses absorpsi misalnya *benzonit*, *tuff*, *pumice*, zeolit, dan silika gel. Menurut Atkins, (1997). Proses absorpsi dalam larutan, jumlah zat terabsorpsi tergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- a. Jenis adsorben

Apabila adsorben bersifat polar, maka komponen yang bersifat polar akan terikat lebih kuat dibandingkan dengan komponen yang kurang polar.



b. Jenis adsorbat

c. Luas permukaan adsorben

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan karakteristik penting karbon aktif sesuai dengan fungsinya sebagai adsorben. Ukuran partikel karbon mempengaruhi tingkat absorpsi; tingkat absorpsi naik dengan adanya penurunan ukuran partikel. Oleh karena itu absorpsi menggunakan karbon PAC (*Powdered Activated Carbon*) lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan karbon GAC (*Granular Activated Carbon*). Kapasitas total absorpsi karbon tergantung pada luas permukaannya. Ukuran partikel karbon tidak mempengaruhi luas permukaan. Oleh sebab itu GAC atau PAC dengan berat yang sama memiliki kapasitas absorpsi yang sama.

c. Konsentrasi zat terlarut

Senyawa terlarut memiliki gaya tarik-menarik yang kuat terhadap pelarutnya sehingga lebih sulit diabsorpsi dibandingkan senyawa tidak larut.

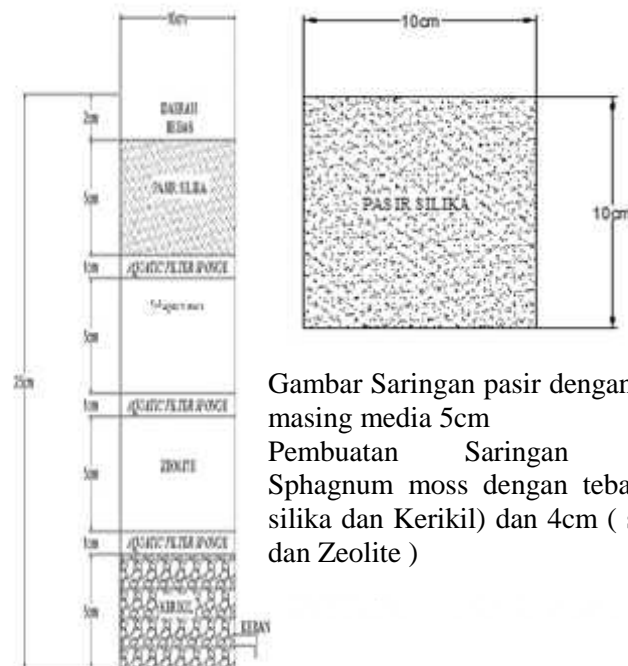
e. Temperatur

Tingkat absorpsi naik diikuti dengan kenaikan temperatur dan turun diikuti dengan penurunan temperatur. Dalam penelitian ini yang ditinjau adalah penggunaan campuran bahan baru untuk menyaring air limbah batik. Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah organik, yaitu sekam padi, arang bambu, dan ampas tebu.

#### 4. Ukuran Butir Media

**Tabel 6.** Model Saringan Pasir Penelitian Sebelumnya

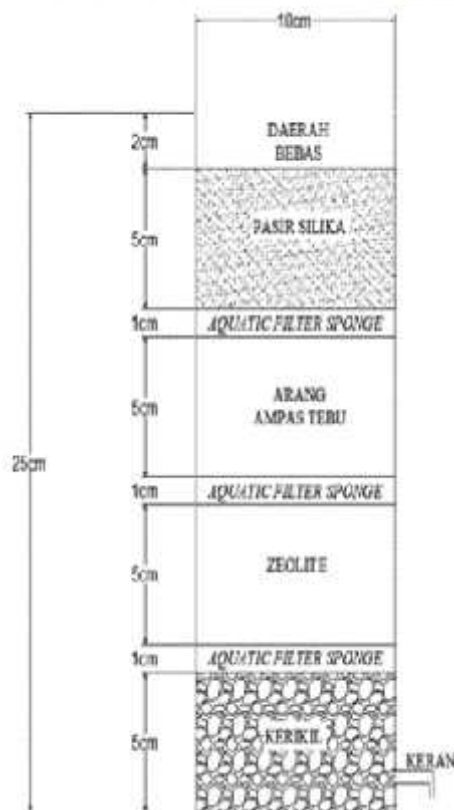
Sumber	Model Saringan Pasir
Rosiana, 2013	Pembuatan Saringan Menggunakan <i>Sphagnum moss</i> dengan tebal masing masing media 5cm. Media yang digunakan dalam saringan ini adalah pasir silika, kerikil, zeolite, dan <i>sphagnum moss</i> . Sementara itu digunakan bahan pendukung lain seperti kain kasa dan <i>aquatic filter sponge</i> .



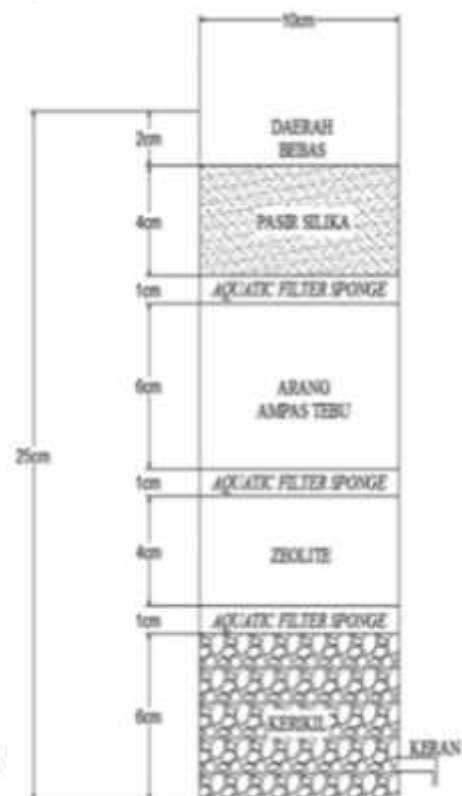
Gambar Saringan pasir dengan tebal masing-masing media 5cm

Pembuatan Saringan Menggunakan *Sphagnum moss* dengan tebal 6cm ( Pasir silika dan Kerikil) dan 4cm ( spagnum moss dan Zeolite )

Sumber	Model Saringan Pasir
Asidiq, 2013	Pembuatan Saringan Menggunakan Arang Ampas Tebu dengan tebal masing masing media 5cm. Media yang digunakan dalam saringan ini adalah pasir silika, kerikil, zeolit, dan arang ampas tebu. Sementara itu digunakan bahan pendukung lain seperti kain kassa dan aquatic filter sponge.

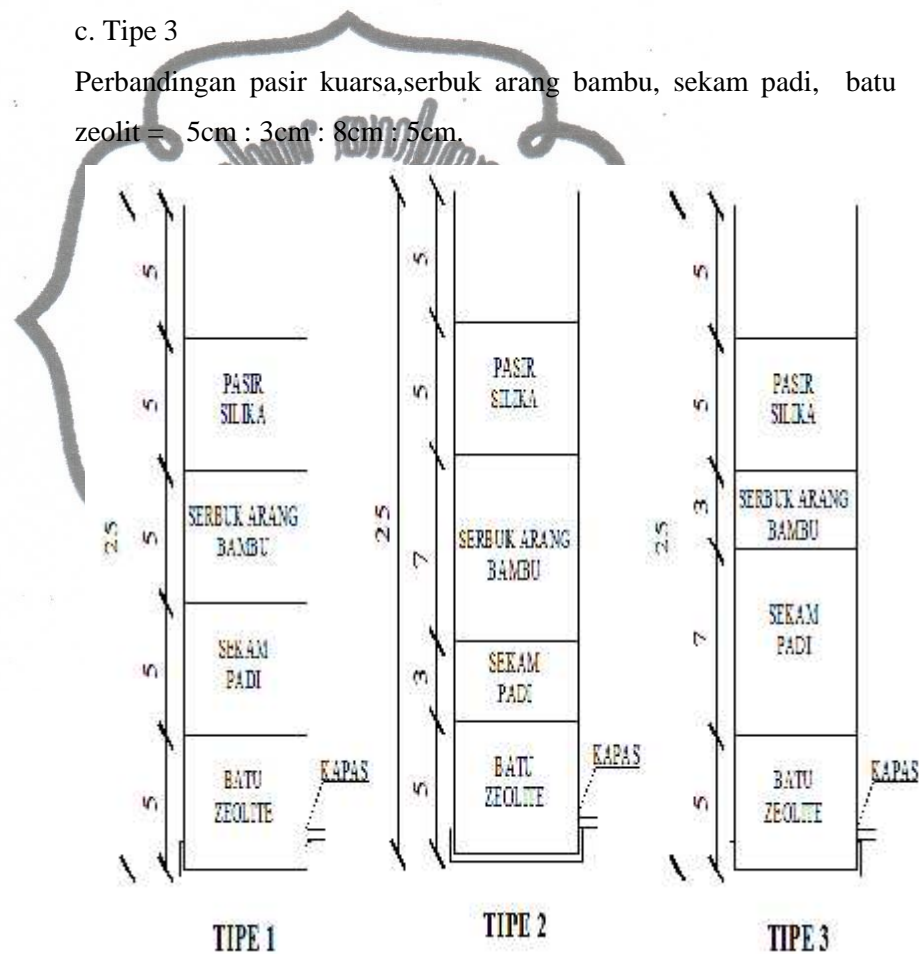


Gambar Saringan Pasir dengan Tebal Masing - Masing media 5cm, Tipe 1



Gambar Saringan Pasir dengan Tebal 6cm (Kerikil dan Arang Ampas Tebu) dan 4cm (Zeolite dan Pasir Silika), Tipe 2.

Sumber	Model Saringan Pasir
Setyawan, 2013	<p>a. Tipe 1</p> <p>Perbandingan pasir kuarsa,serbuk arang bambu, sekam padi, batu zeolit = 5cm : 5cm : 5cm : 5cm.</p> <p>b. Tipe 2</p> <p>Perbandingan pasir kuarsa,serbuk arang bambu, sekam padi, batu zeolit = 5cm : 8cm : 3cm : 5cm.</p> <p>c. Tipe 3</p> <p>Perbandingan pasir kuarsa,serbuk arang bambu, sekam padi, batu zeolit = 5cm : 3cm : 8cm : 5cm.</p>



Gambar Jenis Komposisi Lapisan Bahan Penyaring

Ukuran butir dalam penelitian ini dapat diketahui dengan alat pemeriksa gradasi menggunakan ayakan dengan diameter : 9,5mm; 4,75mm, 2,36mm; 1,18mm; 0,85mm; 0,425mm; 0,18mm; 0,15mm; 0,125mm; 0,075mm; dan 0mm. Media disaring menggunakan rangkaian saringan di atas. Dengan demikian butiran media akan terpisah menjadi beberapa bagian dengan batas ukuran yang

diketahui yaitu sesuai dengan diameter lobang pada saringan. Rumus yang digunakan :

$$\text{Persentase media tertahan (\% tertahan)} = \frac{W_{\text{tertahan}}}{W_{\text{total}}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase media lolos (\% lolos)} = 100\% - \% \text{ tertahan}$$

Untuk menentukan besar ukuran butir media penyaring dalam penelitian ini, digunakan sistem klasifikasi ASTM (*American Society for Testing Materials*) ,yaitu:

1. Berangkal / *boulder* ( $> \varnothing 300 \text{ mm}$ )
  2. Kerakal / *cobbles* ( $\varnothing 300 \text{ mm} - \varnothing 75 \text{ mm}$ )
  3. Kerikil / *gravel* ( $\varnothing 75 \text{ mm} - \varnothing 4,75 \text{ mm}$ )
  4. Pasir / *sand* ( $\varnothing 4,75 \text{ mm} - \varnothing 0,075 \text{ mm}$ )
- Pasir terbagi dalam:
- a. Pasir Kasar ( $\varnothing 4,75 \text{ mm} - \varnothing 2,00 \text{ mm}$ )
  - b. Pasir Sedang ( $\varnothing 2,00 \text{ mm} - \varnothing 0,425 \text{ mm}$ )
  - c. Pasir Halus ( $\varnothing 0,425 \text{ mm} - \varnothing 0,075 \text{ mm}$ )
5. Lanau / *silt* ( $\varnothing 0,075 \text{ mm} - \varnothing 0,005 \text{ mm}$ )
  6. Lempung / *clay* ( $< \varnothing 0,005 \text{ mm}$ )

## 5. Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil Dan Batik

Baku mutu air limbah industri tekstil dan batik menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, dapat dilihat pada Tabel 3.

### C. Asas-asas Ilmu Lingkungan

Ilmu lingkungan adalah ekologi yang menerapkan berbagai asas dan konsep kepada masalah yang lebih luas, yang menyangkut pula hubungan manusia dengan lingkungannya. Ilmu lingkungan mengintegrasikan berbagai ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara jasad hidup (termaksud manusia) dengan lingkungannya. Asas di dalam suatu ilmu yang berkembang digunakan sebagai landasan yang kokoh dan kuat untuk mendapatkan hasil, teori dan model seperti pada ilmu lingkungan (Soeriatmadja, 1989).



Pada saat ini kesadaran akan lingkungan yang bersih dan aman sudah meningkat. Masalah pencemaran sudah menarik banyak perhatian, mulai dari masyarakat lapisan bawah sampai pejabat tinggi pemerintah. Pembangunan yang banyak dilaksanakan secara besar-besaran di Indonesia membawa dampak negatif terhadap lingkungan hidup (Sastrawijaya, 1991).

Penelitian mengenai Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Memanfaatkan Fitoremediasi Eceng Gondok dengan Adsorben Ampas Tebu, Sekam Padi, dan Arang Bambu sesuai dengan asas lingkungan yaitu:

a. Asas 1

Asas 1 berbunyi: “sumber alam, ialah segala sesuatu yang memungkinkan organisme hidup untuk meningkatkan pengubahan energi”. Dalam asas satu ini juga memiliki maksud energi tidak pernah hilang hanya berubah”. Pada penelitian ini asas 1 yang paling sesuai, karena populasi eceng gondok merupakan organisme yang berhasil dalam pengubahan biomassa, maka jumlah populasi akan naik.

Persaingan dapat menimbulkan efek ekologi dalam jangka pendek atau jangka panjang. Persaingan dapat meningkatkan daya juang untuk mempertahankan kelangsungan hidup. Sistem kehidupan dapat dianggap sebagai pengubah energi. Ada berbagai strategi untuk mentransformasikan energi. Setiap perubahan energi akan terbagi menjadi dua keluaran. Jika organisme berhasil dalam mengubah biomassa, maka jumlah populasi akan baik (manusia, tikus, eceng gondok, dan belalang).

b. Asas 3

Asas 3 berbunyi: “materi, energi, ruang, waktu dan keanekaragaman semuanya termasuk kategori sumber alam”. Kegagalan manusia untuk menyadari sumber alam seperti ruang, waktu dan keanekaragaman hanya menimbulkan masalah. Materi yang beredar di alam perlu diberi cukup waktu agar bertambah menjadi bentuk berikutnya. Pencemaran kota karena sampah atau limbah merupakan kelalaian manusia memberi kesempatan bagi mikroba pembusuk untuk mencernanya. Pencemaran alam adalah segala teknologi yang melawan kehendak dan kemampuan alam. Pengadaan sumber alam seperti

yang peneliti gunakan (eceng gondok) akan menentukan kapasitas suatu lingkungan. Keanekaragaman bentuk pencemaran terus menerus kita kurangi, sehingga keseimbangan lingkungan dapat dipertahankan.

c. Asas 4

Asas 4 ini mengenai kejenuhan dan ketidakjenuhan. Kemampuan lingkungan habitat untuk menyokong suatu materi ada batasnya misalnya kemampuan untuk menyokong pencemar. Sumber alam yang pengadaannya sudah mencapai optimum, pengaruh kenaikan dapat menurun dengan penambahan sumber alam itu sampai kesuatu tingkat maksimum. Jika melampaui batas tidak akan menguntungkan lagi dan akan merusak, sehingga menjadi jenuh.

Menurut asas keempat dalam setiap proses alam terdapat tingkat optimum untuk pengadaan sumber alam. Ada batas kejenuhan dan kekurangan yang dapat mempengaruhi berbagai proses karena sumber alam itu terbatas. Pencemaran lingkungan sangat berbahaya, memaksa mikroba mencerna limbah terlalu banyak. Ada batas optimum untuk semua hal untuk eksploitasi hasil.

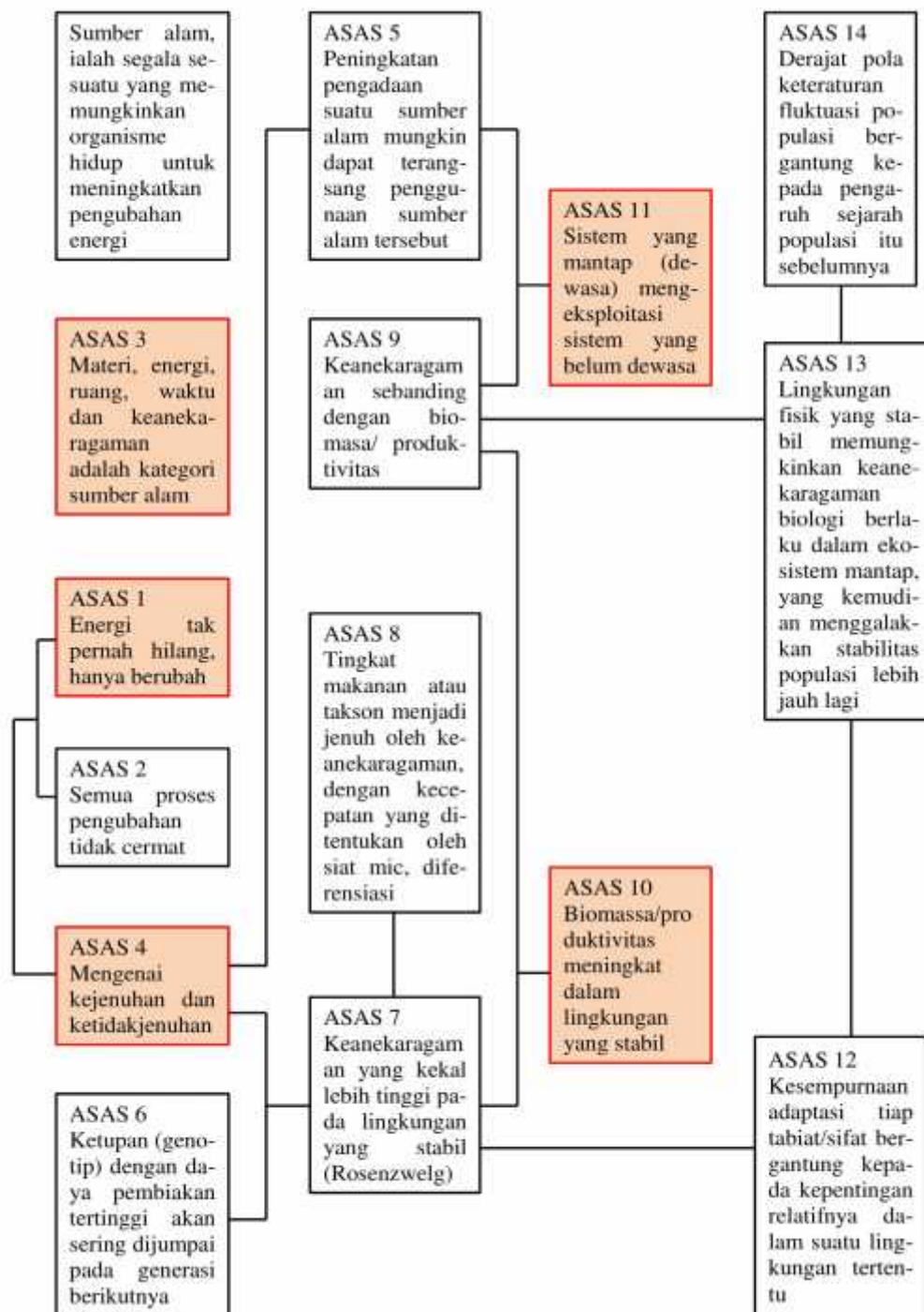
d. Asas 10

Asas 10 berbunyi: "biomassa/produktivitas meningkat dalam lingkungan stabil". Membahas efisiensi penggunaan energi pada komunitas yang melewati tingkat perintis dengan pemanfaatan sampah ampas tebu dan sekam padi maka, tingkat penumpukan sampah penggunaan sebagai energi yang dapat mengurangi tingkat pencemaran lingkungan dan keserakahan manusia dalam penggunaan energi.

e. Asas 11

Asas 11 mengenai sistem yang mantap (dewasa) mengeksploitasi sistem yang belum dewasa. Asas ini berkaitan dengan suatu system yang mantap yang mengeksploitasi sistem yang masih rawan. Kota yang lengkap, mantap, dan keanekaragaman menyerap daerah disekitarnya.

Rumpun bambu yang sebagian digunakan peneliti sebagai arang bambu dapat mengalirkan tenaga kerja, energi ke kota dengan membantu mengurangi tingkat pencemaran lingkungan yang terjadi di kota.

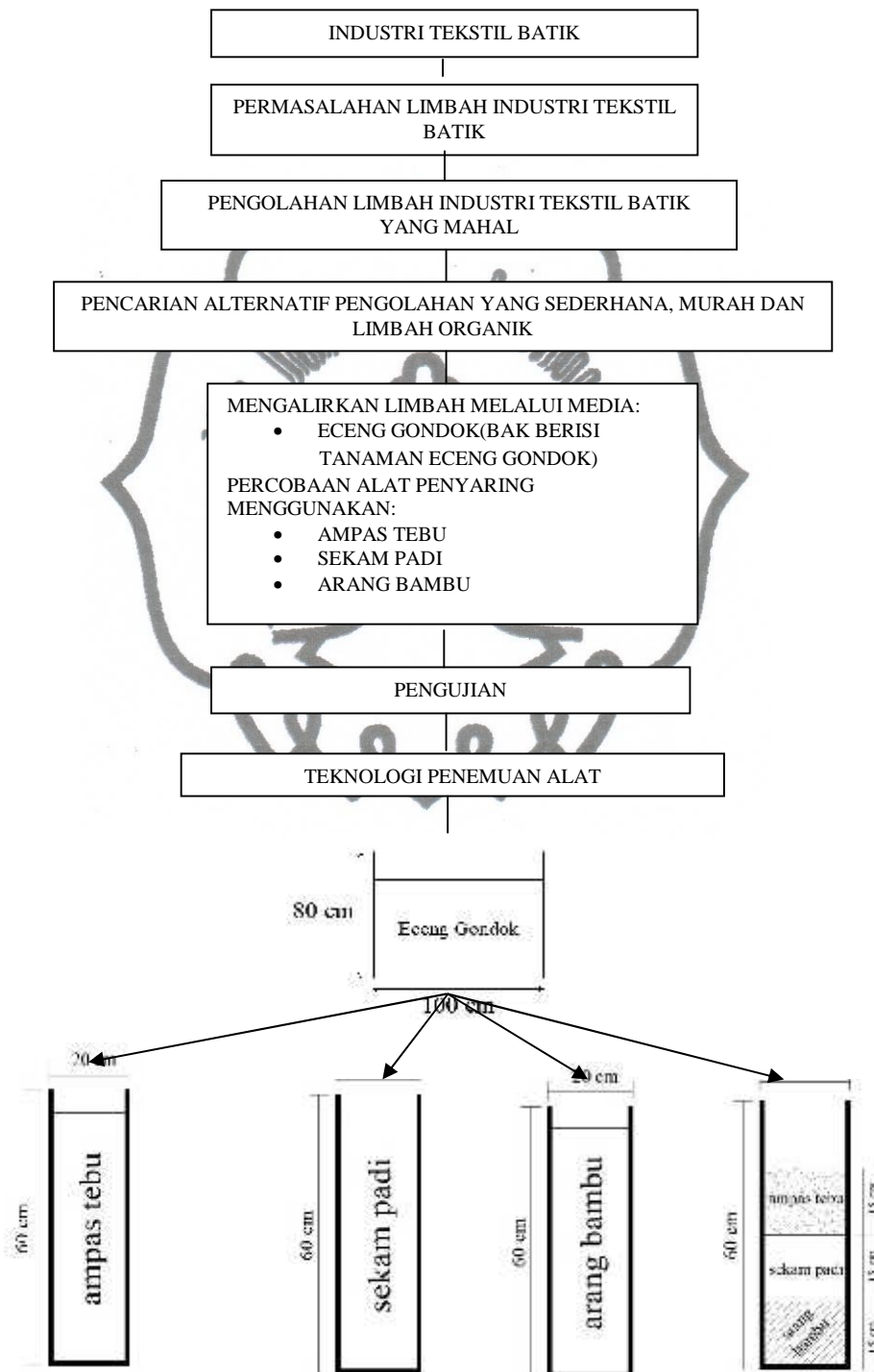


**Gambar 5.** Asas Lingkungan Hidup

#### D. Kerangka Pemikiran

Berdasarkan hal di atas didapatkan kerangka pemikiran sebagai berikut,

Keempat belas asas lingkungan hidup dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 6.** Kerangka Pemikiran