

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah Cair Industri Batik

Batik merupakan warisan budaya dari nenek moyang yang saat ini semakin terkenal setelah memperoleh pengakuan dari UNESCO yang memutuskan batik Indonesia sebagai warisan pusaka dunia. Saat ini batik mulai diminati baik dari kalangan masyarakat dengan tingkat ekonomi rendah sampai atas, terutama setelah ditetapkan Keputusan Presiden No. 33 Tahun 2009 bahwa setiap tanggal 2 Oktober diperingati sebagai Hari Batik Nasional. Penetapan Hari Batik Nasional ini berperan dalam meningkatnya minat pemakai batik. Dampak yang ditimbulkan dengan meningkatnya minat dan pemakai batik adalah berkembangnya industri-industri batik di berbagai daerah di Indonesia, salah satunya industri batik di wilayah Yogyakarta (Prasetyo, 2010).

Industri batik dalam proses pembuatan batik membutuhkan air dalam jumlah banyak dan limbah yang dihasilkan memiliki kandungan logam berat karena penggunaan bahan kimia pada prosesnya. Proses pembuatan batik yang menggunakan bahan kimia adalah pada proses pewarnaan. Efek negatif pewarna kimiawi bagi pengrajin batik adalah terkena kanker kulit apabila tidak menggunakan sarung tangan sebagai pengaman. Selain itu, limbah pewarna ini jika dibuang sembarangan dapat mencemari lingkungan dan merusak ekosistem sungai (Sari dkk., 2016).

Limbah merupakan sisa dari suatu usaha atau kegiatan. Berdasarkan sifat fisiknya limbah dapat dikategorikan menjadi limbah padat, cair dan gas.

Limbah cair merupakan bahan-bahan pencemar berbentuk cair. Limbah cair ini merupakan campuran air dan padatan terlarut atau tersuspensi yang mencemari lingkungan (Suharto, 2010).

Industri batik pada proses produksinya akan menghasilkan limbah cair sebanyak 80%. Limbah cair industri batik ini memiliki banyak kandungan yang dapat menyebabkan pencemaran dalam air antara lain padatan tersuspensi, minyak atau lemak, bahan organik dan kandungan logam berat berbahaya seperti Cr (Kromium), Pb (Timbal), Zn (Seng), Cu (Tembaga) dan Cd (Kadmium) (Nurdalia, 2006). Limbah zat warna dari industri batik umumnya adalah senyawa organik *non-biodegradable* yang dapat mencemari lingkungan. Senyawa dalam pewarna ini hanya digunakan sekitar 5%, sedangkan sisanya yaitu 95% dibuang sebagai limbah. Zat pewarna seperti CrCl_3 (kromium klorida), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (kalium dikromat) dan zat mordan (pengikat zat warna) seperti $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$ (kromium nitrat) dan PbCrO_4 (timbal kromat) merupakan sumber logam berat Cr (Kromium) dan Pb (Timbal) yang bersifat toksik (Suharty, 1999).

Limbah batik yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari industri Batik Plentong Yogyakarta. Pengolahan limbah yang dilakukan di industri ini yaitu pengolahan secara fisik (sedimentasi) dan secara kimia (koagulasi). Limbah batik yang dihasilkan bersumber dari dua proses, yaitu pewarnaan dan pelepasan lilin dengan masing-masing proses memiliki lima bak sedimentasi yang kemudian akan disatukan dalam satu bak koagulasi yang diberi tawas (2,5 kg) dan kaporit (5 kg) (Moniandari, 2018).

B. Kromium (Cr)

Kromium adalah salah satu logam mineral yang ditemukan dalam bentuk senyawa (Handayanto dkk., 2017). Kromium adalah kata yang berasal dari bahasa Yunani “Chroma” yang artinya warna. Pertama kali kromium ditemukan oleh Louis-Nicholas Vauquelin pada tahun 1797 yang melakukan eksperimen menggunakan bahan PbCrO_4 (Crocoite mineral) yang dicampur dengan HCl (asam klorida) dan menghasilkan CrO_3 (kromium oksida). Kromium merupakan logam yang tahan korosi dan berwarna putih kebiruan (Wijayanti, 2017). Kromium dalam tabel periodik memiliki nomor atom 24, berat jenis $7,19 \text{ g/cm}^3$, berat atom 52 g/mol , titik didih 2665°C dan titik leleh 1875°C (Handayanto dkk., 2017).

Logam kromium mempunyai banyak manfaat seperti bahan pelapis mobil dan peralatan rumah tangga. Logam kromium yang berikatan dengan Fe (besi) akan menghasilkan baja anti karat serta sebagai alat pemotong jika berikatan dengan molibdinum. Selain itu, senyawa kromat dan dikromat dapat dibentuk oleh logam kromium yang digunakan sebagai penyamakan, pencelupan, fotografi dan zat warna (Palar, 2008).

Logam kromium (Cr) memiliki 3 jenis ion yaitu, Cr^{2+} , Cr^{3+} dan Cr^{6+} , akan tetapi yang sering dijumpai dalam perairan adalah Cr valensi III (Cr^{3+}) dan Cr valensi VI (Cr^{6+}). Hal ini disebabkan Cr^{2+} bersifat tidak stabil sehingga mudah dioksidasi di udara menjadi senyawa Cr^{3+} (Asmadi dkk., 2009). Kromium valensi VI (Cr^{6+}) memiliki sifat yang lebih toksik dibanding Cr^{3+} , karena Cr^{6+} memiliki kelarutan dan mobilitas yang sangat tinggi dibanding

Cr^{3+} . Selain itu, dalam sistem biologis Cr^{6+} sangat beracun karena dapat berdifusi sebagai anion CrO_4^{2-} (kromat) yang dapat menembus membran sel dan menyebabkan oksidasi (Santosa dkk., 2014). Berdasarkan Perda Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 7 tahun 2016, baku mutu krom heksavalen (Cr^{6+}) untuk kegiatan industri lainnya maksimal sebesar 0,1 mg/L.

Logam kromium valensi VI (Cr^{6+}) akan menghambat kerja enzim *benzopiren hidrosilase* pada proses metabolisme tubuh yang mengakibatkan perubahan dalam pertumbuhan sel, sehingga sel-sel tumbuh secara liar (kanker). Kandungan maksimal kromium dalam tubuh jika diukur pada sampel urine sebesar 0,24-1,8 $\mu\text{g/L}$, jika lebih dari kadar maksimal dapat menyebabkan keracunan akut dengan beberapa gejala seperti mual, sakit perut, kurang kencing dan koma (Palar, 1994). Kromium pada tanaman juga dapat menyebabkan terganggunya proses metabolisme pada tanaman sehingga terjadi gejala nekrosis dan klorosis (Panda dan Choudhury, 2005).

Logam kromium mampu masuk ke dalam lingkungan perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Keberadaan logam Cr di perairan dapat melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Secara alamiah yaitu yang disebabkan oleh faktor fisika salah satunya terjadinya erosi (pengikisan) pada batuan mineral. Secara non alamiah yaitu yang disebabkan oleh aktivitas manusia (Palar, 1994).

Keberadaan kromium merupakan akibat dari limbah industri baja, *electroplating*, penyamakan kulit, pewarna pada industri tekstil, industri cat dan tinta (Sperling dkk., 1992). Sumber kromium di udara berasal dari proses

pembakaran, mobilisasi batubara dan minyak bumi yang dapat ditemukan dalam bentuk debu dan atau partikulat. Pembakaran batubara dan minyak bumi akan melepaskan krom di udara secara berturut-turut sebesar 10 ppm dan 0,3 ppm (Palar, 1994).

C. Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani Kuno (Phyto) yaitu nabati atau tanaman, dan bahasa Latin *remedium* yang berarti memulihkan keseimbangan atau perbaikan dan bioremediasi menggunakan tanaman yang mengurangi masalah lingkungan tanpa menggali bahan kontaminan dan membuangnya di tempat lain. Fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan untuk mengurangi bahkan menghilangkan polutan dari tanah maupun perairan yang terkontaminasi (Rondonuwu, 2014). Fitoremediasi dapat digunakan untuk menyingkirkan logam berat, pencemar organik (hidrokarbon aromatik dan pestisida) dan radionuklida (Handayanto dkk., 2017).

Prinsip dasar fitoremediasi yaitu memulihkan tanah yang terkontaminasi, memperbaiki *sludge*, air bawah tanah dan sedimen melalui proses pemindahan, degradasi maupun stabilisasi suatu kontaminan. Keuntungan teknik fitoremediasi adalah biaya lebih murah dibandingkan dengan teknik *in situ* atau *ex situ* lainnya. Selain itu, tanaman dapat dengan mudah dimonitor untuk memastikan pertumbuhan, logam berharga dapat direklamasi dan dipakai ulang (Raskin dan Ensley, 2000).

Keberhasilan fitoremediasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, kemampuan berbagai jenis tanaman dalam mengakumulasi berbagai jenis polutan dan konsentrasi, sifat kimia, fisika dan sifat fisiologi tanaman, jumlah zat kimia berbahaya, mekanisme akumulasi dan hiperakumulasi yang ditinjau secara fisiologi, biokimia dan molekuler, serta penggunaan konsentrasi limbah yang tepat (Estuningsih dkk., 2013). Mekanisme kerja fitoremediasi memiliki beberapa konsep dasar yaitu, fitoekstraksi, fitovolatilisasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, rhizofiltrasi serta adanya interaksi dengan mikroorganisme pendegradasi polutan. Menurut Nur (2013), mekanisme kerja fitoremediasi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Fitoekstraksi

Polutan yang berada pada air atau tanah akan diserap, kemudian diakumulasi di dalam tanaman tersebut (daun atau batang). Tanaman tersebut bisa dipanen, tetapi harus dimusnahkan menggunakan insinerator kemudian *landfilling* (penimbunan suatu bahan atau sampah pada suatu lubang).

b. Fitovolatilisasi

Polutan yang diserap oleh tanaman akan diubah menjadi bersifat volatil (mudah menguap), yang kemudian ditranspirasikan oleh tanaman.

c. Fitodegradasi

Polutan yang diserap oleh tanaman, akan mengalami proses metabolisme di dalam tanaman tersebut yang melibatkan enzim

antara lain nitroductase (merubah nitrat menjadi nitrit), laccase (untuk menjalankan reaksi oksidasi dari senyawa aromatik dan nonaromatik), dehalogenase (sebagai katalis untuk memutuskan ikatan kovalen antara karbon dan halogen) dan nitrilase (mengkatalisis pemotongan gugus nitril).

d. Fitostabilisasi

Polutan di dalam tanah akan ditransformasikan oleh tanaman menjadi senyawa yang non-toksik tanpa menyerap polutan terlebih dahulu. Hasil transformasi dari polutan tetap berada di dalam tanah.

e. Rhizofiltrasi

Polutan akan diadsorpsi oleh tanaman agar polutan menempel pada akar, tetapi mekanisme ini berlaku jika mediumnya adalah perairan yang tercemar.

D. Tanaman *Azolla microphylla*

Azolla berasal dari bahasa Yunani yaitu *azo* dan *allyo*. *Azo* berarti mengering dan *allyo* berarti membunuh, sehingga tanaman ini mati ketika mengering. Tumbuhan air ini bersimbiosis dengan ganggang biru (*Anabaena azollae*). Ganggang biru ini berada dalam rongga daun *Azolla* yang mampu menambat nitrogen dari udara bebas menjadi unsur nitrogen yang bermanfaat bagi tanaman. Simbiosis yang terjadi antara *Azolla* dan ganggang biru adalah *Azolla* akan menghasilkan nutrisi untuk ganggang biru, sedangkan ganggang biru akan menambat nitrogen untuk *Azolla* (Simanjuntak, 2005).

Berdasarkan *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS) (2012),

klasifikasi *Anabaena azollae* adalah sebagai berikut :

Kerajaan	: Bacteria
Anak kerajaan	: Negibacteria
Divisi	: Cyanobacteria
Kelas	: Cyanophyceae
Bangsa	: Nostocales
Suku	: Nostocaceae
Marga	: <i>Anabaena</i>
Jenis	: <i>Anabaena azollae</i>

Menurut Arifin (1996), marga *Azolla* dikelompokkan menjadi 2 anak marga, yaitu *Euazolla* dan *Rhizospermae*. *Euazolla* contohnya *Azolla filiculoides*, *Azolla caroliniana*, *Azolla mexicana* dan *Azolla mycrophylla*. *Rhizospermae* contohnya *Azolla pinnata* dan *Azolla nilotica*.

Azolla berukuran 1-2 cm yang halus dan ditemukan mengapung di atas permukaan air secara individu atau berkelompok. *Azolla* dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu akar, rhizome dan daun. Akar *Azolla* terdiri dari seberkas akar-akar kecil yang keluar dari ketiak daun, dengan posisi menggantung lurus ke bawah yang memiliki fungsi sebagai pengambilan air dan mineral-mineral nutrisi. Rhizome adalah generasi sporofit *Azolla*. Daun *Azolla* terdiri dari 2 lobus, yaitu lobus dorsal dan lobus ventral (Lumpkin dan Plucknett, 1982).

Lobus dorsal memiliki rongga, tebal, berpapila, mengandung klorofil untuk fotosintesis, sedangkan lobus ventral lebih tipis atau transparan, tidak memiliki klorofil dan berfungsi sebagai daya topang pada tanaman saat berperan dalam proses absorpsi. Daun *Azolla* tersusun menjadi 2 baris. Tubuhnya terlihat triangular atau poligonal serta memiliki warna yang

bervariasi dari hijau tua sampai kemerah-merahan, tergantung dari jenisnya (Lumpkin dan Plucknett, 1982).

Berdasarkan *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS) (2012), klasifikasi *Azolla microphylla* adalah sebagai berikut :

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Polypodiopsida
Bangsa	: Salviniiales
Suku	: Azollaceae
Marga	: <i>Azolla</i>
Jenis	: <i>Azolla microphylla</i>

Tanaman *Azolla* yang tersebar di Indonesia adalah *Azolla pinnata* dan *Azolla microphylla* yang secara sepintas terlihat sama, akan tetapi jika diamati lebih dekat akan terlihat bedanya. Perbedaan *Azolla pinnata* dan *Azolla microphylla* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan *Azolla pinnata* dan *Azolla microphylla*

Bagian Tanaman	<i>Azolla pinnata</i>	<i>Azolla microphylla</i>
Daun	Tipis	Tebal
Warna	Hijau, dengan tepi kebiru-biruan	Hijau muda, dengan tepi hijau agak pucat
Pertanaman	Berhimpitan, tepi daun saling melekat	Tumpang tindih, membentuk gugusan dengan ketebalan 1-3 cm
Jumlah Spora	Sedikit	Banyak

Sumber: Djojokuswito, 2000



Gambar 1. *Azolla pinnata* (tepi daun saling melekat dan berhimpitan)
(Sumber: NAS-Nonindigenous Aquatic Species, 1991)



Gambar 2. *Azolla microphylla* (daun tebal, saling tumpang tindih)
(Sumber: Althair, 2014)



Gambar 3. *Azolla microphylla*
(daun tumpang tindih dan warna tepi daun hijau agak pucat)
(Sumber: BoldSystems, 2014)



Gambar 4. *Azolla microphylla*

Syarat tumbuh *Azolla microphylla* yaitu berada pada kisaran suhu 20-30°C dan pH 4,5-7,0, tetapi bisa juga bertahan hidup pada kisaran pH 3,5-10. Cahaya umumnya tidak dibutuhkan penuh oleh tanaman. Selain itu, badai atau angin kencang dapat mendorong tanamann ke satu sisi dan posisinya menjadi bertumpuk sehingga akan mengganggu pertumbuhan tanaman dan dan penambahan nitrogen (Simanjuntak, 2005). Tanaman *Azolla* dapat tumbuh dengan baik apabila mengapung secara bebas di permukaan air

karena akarnya tidak menancap di tanah dan kedalaman air yang optimum untuk pertumbuhannya adalah 5-10 cm (Singh, 1978).

Azolla dapat ditemui di daerah tergenang air seperti selokan, sungai, waduk dan sawah. *Azolla* memiliki beberapa manfaat seperti sumber pakan ternak, sumber makanan ikan herbivora dan sebagai pupuk hijau (Simanjuntak, 2005). Kelebihan tanaman *Azolla microphylla* yaitu dapat diproduksi dalam jumlah yang besar dan dapat dikontrol populasinya. Selain itu, mampu mengikat nutrien seperti nitrogen dan fosfat serta logam berat contohnya kadmium (Cd), kromium (Cr) dan timbal (Pb) (Nurmalinda dkk., 2018).

Selain itu, *Azolla* juga dimanfaatkan sebagai fitoremediator, seperti yang dilaporkan oleh Juhaeti dan Syarif (2003), *Azolla* pada konsentrasi Pb 50 ppm memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan pada Pb 0 ppm. *Azolla* melakukan penyerapan Pb pada daun sebesar 5,5 ppm dan pada akar sebesar 18,2 ppm. *Azolla* yang dibiakkan pada air tailing mampu menyerap Pb pada bagian daun hingga 94 ppm dan pada air PAM sebesar 22 ppm.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Rizky dkk. (2017), yang menggunakan *Azolla microphylla* untuk menurunkan kadar fosfat dan COD pada limbah *laundry*. Pemaparan dengan lama kontak 12 hari menghasilkan penurunan COD rata-rata 37,19% dan penurunan fosfat rata-rata 19,30%. Penelitian yang dilakukan Dewi (2016), *Azolla microphylla* mampu menurunkan kadar Cr-total sebesar 90,58% untuk berat basah 150 gram dan 93,23% untuk waktu tinggal 6 hari pada limbah cair elektroplating.

E. Akumulasi Logam Berat oleh Tanaman

Akumulasi logam berat pada tanaman terdapat lima aspek dasar, yaitu mobilisasi logam berat, penyerapan ion logam oleh akar tanaman, translokasi dalam tanaman, penyerapan ion logam dalam jaringan tanaman dan toleransi logam (Clemens, 2001). Menurut Widyati (2011), masing-masing tumbuhan memiliki mekanisme akumulasi logam yang berbeda. Tanaman *Azolla* mampu membentuk senyawa logam pengkhelat yang menjadi senyawa kompleks dan juga dapat menghasilkan zat khelat yang membantu penyerapan logam yaitu *fitokhelat*. Ketika tanaman terpapar logam maka akan terbentuk *fitokhelatin* (PCs) yang merupakan *glutathione* berukuran kecil, sintesis peptida enzimatis yang mengikat logam dan merupakan bagian utama dalam sistem detoksifikasi logam pada tanaman (Ali dkk., 2013).

Tanaman *Azolla* mengakumulasi logam berat Cr^{6+} di dalam akarnya, kemudian akar tanaman akan membentuk *fitokhelatin* yang mengikat logam Cr^{6+} . *Fitokhelatin* yang bertemu dengan logam tersebut akan membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein sehingga terbentuk senyawa kompleks. Senyawa kompleks ini akan dibawa ke dalam vakuola, kemudian akan dirombak oleh enzim hidrolitik sehingga Cr^{6+} berubah menjadi Cr^{3+} (Haryati dkk., 2012).

Logam kromium (Cr) yang terlalu tinggi konsentrasinya (>5ppm) akan merusak metabolisme dalam jaringan tanaman akibat dari akar yang tidak mampu menahan sifat toksik logam (Arora dkk., 2006). Tanaman akan menyerap unsur logam sampai pada konsentrasi tertentu dan akan berhenti

pada konsentrasi maksimum sehingga daya serapnya menurun (Purniawati, 2009). Selain itu, tingginya konsentrasi kromium (Cr) dalam tanaman *Azolla* membuat daun semakin menguning yang lama kelamaan akan berubah warna menjadi kecoklatan dan akhirnya akan mengering (mati). Penurunan produksi fitokhelatin (enzim untuk mengikat logam) juga disebabkan oleh tingginya konsentrasi Cr dalam tanaman yang merusak sel dalam akar (Susiloningsih, 2011).

Menurut Arimby dkk. (2014), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tanaman dalam menyerap logam diantaranya adalah waktu pemaparan, banyaknya akar, suhu lingkungan, berat tanaman, media tumbuh dan umur tanaman. Semakin bertambah umur tanaman, maka penyerapan akan meningkat sampai pada waktu tertentu dan akan turun kembali. Tanaman yang memiliki umur lebih lama akan memiliki berat yang lebih besar dan memiliki kerapatan yang semakin padat, sehingga konsentrasi dalam menyerap logam juga semakin besar. Semakin bertambahnya umur tanaman akan mempengaruhi jumlah dan ukuran akar, batang serta daun akan semakin banyak pula, sehingga semakin efektif dalam menyerap logam berat dengan kadar yang tinggi (Muhammadah, 2011).

Umur tanaman *Azolla* memiliki pengaruh terhadap penyerapan logam yang berhubungan dengan proses penyerapan zat hara oleh tanaman. Ketika pertumbuhan awal tanaman, maka penyerapan zat hara dan zat mineral yang diserap sangat kuat. Ketika fase pertumbuhan pokok penyerapan akan naik sedikit saat waktu permulaan pembentukan akar. Penyerapan terbesar terjadi

ketika fase reproduksi untuk pembentukan daun. Ketika fase akhir pertumbuhan maka penyerapan akan berkurang, dan sebagian unsur akan dilepas ke media atau hilang akibat daun dan akar mengalami gugur (Hadi, 2014).

F. Parameter Kualitas Air Limbah

a. Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan pada suatu larutan. Air murni pada suhu 25°C memiliki pH 7,0 yang berarti netral, larutan dengan pH < 7,0 bersifat asam dan larutan dengan pH > 7 bersifat basa. Garam dalam bentuk ion karbonat, bikarbonat dan hidroksida akan meningkatkan kebasaan air, sedangkan asam-asam mineral bebas dan asam karbonat akan meningkatkan keasaman air (Mahida, 1993). Baku mutu pH pada air limbah untuk kegiatan industri batik berdasarkan Perda Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 7 tahun 2016 sebesar 6,0-9,0, sedangkan syarat untuk tumbuh *Azolla microphylla* berada pada 3,5-10 (Simanjuntak, 2005).

b. Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter penting, karena mempengaruhi reaksi kimia, laju reaksi dan kelangsungan hidup organisme air. Suhu yang meningkat menyebabkan jumlah oksigen terlarut berkurang dan kecepatan reaksi kimia meningkat (Effendi, 2003). Proses dekomposisi pada bahan organik dalam limbah cair juga dipengaruhi oleh suhu. Suhu yang semakin tinggi menyebabkan aktivitas mikroorganisme semakin tinggi pula

(Pamungkas, 2016). Baku mutu suhu pada air limbah untuk kegiatan industri batik berdasarkan Perda Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 7 tahun 2016 sebesar $\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara, sedangkan untuk syarat tumbuh *Azolla microphylla* berada pada suhu $20\text{-}30^{\circ}\text{C}$ (Simanjuntak, 2005).

c. BOD₅

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme air pada suhu 20°C untuk mendegradasi bahan organik. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemar dalam air. Prinsip pengukuran BOD yaitu mengukur oksigen terlarut awal (DO_0) setelah pengambilan sampel, kemudian sampel diinkubasi selama 5 hari pada suhu 20°C dengan kondisi gelap. Setelah inkubasi selama 5 hari, kadar DO diukur kembali dan disebut dengan DO_5 . Selisih DO_0 dan DO_5 merupakan hasil BOD yang dinyatakan dalam mg/L (Metcalf dan Eddy, 1991).

Oksidasi bahan organik karbon selama 20 hari akan mencapai 95-99%, sedangkan dalam waktu 5 hari mencapai 60-70%. Penentuan 5 hari inkubasi adalah kesepakatan umum dalam pengukuran BOD, akan tetapi dapat juga dilakukan dengan waktu inkubasi berbeda dan nilai di belakang BOD harus disebutkan, seperti BOD₇ (inkubasi 7 hari). Suhu 20°C merupakan suhu rata-rata untuk daerah perairan yang memiliki arus lambat di daerah beriklim sedang dan mudah ditiru oleh inkubator. Perlakuan

kondisi gelap bertujuan untuk mencegah terjadinya fotosintesis yang dapat menghasilkan oksigen (Metcalf dan Eddy, 1991).

Menurunnya jumlah oksigen selama oksidasi tidak hanya digunakan untuk oksidasi bahan organik saja, melainkan juga digunakan untuk proses sintesis sel dan oksidasi sel mikroorganisme. Oleh sebab itu, pengujian BOD hanya untuk mengukur secara relatif jumlah oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik dan bukan untuk mengukur jumlah bahan-bahan organik dalam air. Semakin banyak kandungan bahan-bahan organik dalam air, maka semakin banyak oksigen yang dikonsumsi (Kristanto, 2000). Berdasarkan Perda Istimewa Yogyakarta nomor 7 tahun 2016, baku mutu BOD₅ untuk kegiatan industri batik maksimal sebesar 85 mg/L.

d. TDS (*Total Dissolved Solid*)

TDS merupakan total padatan terlarut. TDS dapat berupa mineral, senyawa organik maupun anorganik yang terukur dalam satuan *part per million* (ppm) (Effendi, 2003). Baku mutu TDS untuk kegiatan industri batik berdasarkan Perda Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 7 tahun 2016 maksimal sebesar 2.000 mg/L.

e. Pengukuran kadar logam menggunakan Photometer SpektroDirect Lovibond

Pengukuran logam kromium heksavalen (Cr^{6+}) dilakukan menggunakan alat Photometer SpektroDirect Lovibond. Serbuk yang digunakan adalah *Chromium Hexavalent RGT Powder*. Serbuk ini

digunakan sebagai reagen untuk menganalisis sampel yang berupa larutan. Penggunaan serbuk ini harus hati-hati karena dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata (Lovibond, 2018). Berdasarkan Perda Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 7 tahun 2016, baku mutu krom heksavalen (Cr^{6+}) untuk kegiatan industri lainnya maksimal sebesar 0,1 mg/L.

G. Hipotesis

1. Banyaknya *Azolla microphylla* yang memiliki kemampuan paling tinggi untuk menurunkan kadar logam berat Cr^{6+} pada limbah cair batik adalah 20 gram dalam 3 liter limbah.
2. Waktu pemaparan *Azolla microphylla* yang mampu untuk menurunkan kadar logam berat Cr^{6+} pada limbah cair batik hingga mendekati atau sesuai baku mutu adalah 7 hari.
3. Penurunan kadar logam berat Cr^{6+} pada limbah cair batik sebesar 90%.