

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Menurut Wardhana (1995) air merupakan zat yang esensial untuk kehidupan. Tanpa air tak ada kehidupan. Kualitas dan kuantitas sumber daya air tergantung pada kemampuan manusia dalam mengelola sumber daya air dan kekayaan yang terkandung di dalamnya secara bijaksana (Dalmunthe, 1995).

Kualitas lingkungan yang semakin memburuk akibat pencemaran pada udara, air dan tanah merupakan ancaman besar bagi kelangsungan kehidupan makhluk hidup di bumi, tidak terkecuali manusia. Beberapa jenis polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan hewan selain gas beracun adalah logam kimia berbahaya jenis logam berat, seperti tembaga (Cu), kobalt (Co), timbal (Pb), cadmium (Cd), kromium (Cr), mangan (Mn), raksa (Hg), nikel (Ni), senyawa pestisida dan beberapa jenis senyawa organik. Jika melewati ambang batas, keberadaan jenis-jenis polutan tersebut diketahui bersifat racun dan teratogenik, juga bersifat karsinogenik (Rismana, 2002).

Limbah cair yang dihasilkan PT. Kusumahadi Santosa mempunyai kapasitas $\pm 1.500 \text{ m}^3/24 \text{ jam}$. Sebagian besar industri tekstil yang berada di Jaten, Karanganyar membuang sisa hasil pengolahan (limbah cair) melalui saluran irigasi yang dipakai langsung untuk mengairi sawah. Selebihnya limbah tersebut menuju aliran sungai yang akan mencemari dan kemungkinan juga mempengaruhi mutu air tanah. Pabrik tekstil di Jaten, Karanganyar ini tidak luput dari perhatian dan pengawasan dari Dinas Lingkungan Hidup Karanganyar yang secara berkala

meninjau dan meneliti kandungan limbah cairnya dengan metode kimia. Unsur-unsur yang terkandung dalam sampel endapan dari limbah cair pabrik tekstil di Jaten, Karanganyar dengan metode APNC (Analisis Pengaktifan Neutron Cepat) adalah unsur V, Cu, Al, Fe, Rb, Ar, Zn, Mn, Cr, Cl, P, dan Si (Susanto, 2005).

Hasil pengujian kandungan Cr total pada limbah cair industri tekstil dari PT. Kusumahadi Santosa selama bulan Januari, Februari dan Maret 2007 adalah sebesar kurang dari 0,03 mg/l (Terlampir pada lampiran 1, 2, 3) (Anonim, 2007).

Menurut Supriyadi (2004) daerah sawahan di kecamatan Jaten, termasuk yang tinggi tingkat pencemaran kromium pada tanahnya, 80% lahan di wilayah Jaten, Kebakkramat dan Tasikmadu tercemar Cr akibat limbah industri yang masuk ke saluran irigasi. Parameter pencemaran air untuk industri adalah TSS, TDS, BOD₅, COD, krom total, fenol dan pH (BAPPEDAL, 1994).

Menurut Astirin dan Winarno (2000) secara umum limbah cair industri tekstil mempunyai karakteristik berwarna, pH tinggi, kadar BOD₅ rendah, kadar COD, suhu, padatan terlarut dan tersuspensi tinggi.

Beberapa tanaman air memiliki kemampuan yang besar dalam menyerap berbagai unsur baik yang bersifat menguntungkan atau sebagai pencemar, relatif mudah didapatkan, tahan terhadap bahaya bahan-bahan beracun, mudah ditanam, cepat berkembang, efektif, dan ekonomis. Fitoremediasi merupakan metode pemulihan yang mengandalkan peran tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan memobilisasi bahan pencemar baik logam berat maupun senyawa organik (Siswoyo, 2006).

Banyak tanaman yang bisa digunakan sebagai agen fitoremediasi antara lain tumbuhan air *Vallisneria spiralis* dan *Cabomba caroliniana* dapat digunakan untuk meremediasi air limbah yang tercemar logam krom. Tingkat efektivitas dalam meremediasi dapat dilihat dari tingginya konsentrasi logam yang terakumulasi dalam jaringan tumbuhan relatif terhadap konsentrasi awal logam dalam medium (Noer, 2006).

Menurut Jauhari (2002) tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) diketahui efektif dalam memperbaiki kualitas limbah cair industri tapioka. Begitu pula untuk tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) diketahui cukup efektif untuk menyerap logam berat kromium (Siswoyo, 2006).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa tanaman air kiambang dapat menyerap dan mengakumulasi radiosesium dari air tempatnya tumbuh dan dapat dipertimbangkan untuk digunakan sebagai fitoremediator atau depolutan radiosesium di lingkungan perairan tawar (Tjahaja dkk., 2006).

Dari latar belakang tersebut perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan tanaman untuk memperbaiki kualitas limbah cair industri tekstil, khususnya dalam penyerapan terhadap logam berat kromium (Cr) dengan judul “Penggunaan Tanaman Air Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) dalam Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Industri Tekstil.”

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) dalam memperbaiki kualitas limbah cair industri tekstil dilihat dari parameter DO, pH, suhu, dan TSS?
2. Bagaimana kemampuan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) dalam menurunkan kandungan Cr dalam limbah cair?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kemampuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) dalam memperbaiki kualitas limbah cair industri tekstil (sesuai dengan parameter DO, pH, suhu, dan TSS)
2. Mengetahui kemampuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) dalam menurunkan kandungan Cr.

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang kualitas limbah cair industri tekstil PT. Kusumahadi Santosa, Jaten, Karanganyar sehingga bisa menjadi pertimbangan masyarakat dalam pemanfaatannya.
2. Menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) untuk memperbaiki kualitas limbah cair industri tekstil.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Pentingnya Air

Dewasa ini sebagian besar air sungai telah tercemar logam berat yang diakibatkan oleh adanya gas otomotif dan gas buangan serta limbah dari pabrik. Air menjadi masalah yang perlu mendapatkan perhatian yang seksama dan cermat. Untuk mendapatkan air yang baik, saat ini menjadi barang yang mahal karena air sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari hasil kegiatan manusia, baik limbah rumah tangga, industri, maupun lainnya (Wardhana, 1995).

Air merupakan salah satu unsur penting untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat. Maju mundurnya tingkat kehidupan masyarakat antara lain tergantung ketersediaan sumber daya air, baik kualitas maupun kuantitasnya. Kualitas dan kuantitas sumber daya air tergantung pada kemampuan manusia dalam mengelola sumber daya air dan kekayaan alam yang tergantung di dalamnya secara bijaksana (Dalmunthe, 1995).

Limbah cair industri banyak mencemari sumber air bersih. Air adalah sumber daya alam yang dapat diperbarui karena air di alam mengalami daur, yaitu daur hidrologi dan proses pemurnian kembali. Akan tetapi kemampuan alam untuk membersihkan air tidaklah tanpa batas. Limbah cair industri banyak mencemari sumber air bersih (Suherman, 2006).

Limah cair industri tekstil pada umumnya mempunyai karakteristik warna dan kekeruhan yang tinggi, bersifat alkalin, memiliki kandungan organik dan anorganik tinggi serta mengandung bahan-bahan sintetik, seperti zat warna yang sulit diuraikan secara biologi (Fadlullai, 2004).

Menurut Undang-undang Lingkungan Hidup No 23 tahun 1997 pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi dan atau komponen air ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Krisis air bersih pun menjadi isu penting yang bakal mewarnai dunia pada 20 tahun mendatang. Sebagaimana mengemuka pada *World Water Forum* (WWF), pada tahun 2005, sebanyak 2,7 miliar atau sepertiga penduduk bumi akan kehilangan air bersih. Kondisi tersebut biasa terjadi di Indonesia seandainya pengelolaan air tidak dilaksanakan dengan baik. Sungai-sungai utama di pulau Jawa maupun luar Jawa saat ini kondisinya terus tercemar. Air adalah cairan yang di dalamnya terdapat banyak zat yang terlarut. Pada umumnya air yang mengandung berbagai larutan secara visual tidak berubah sehingga tidak dapat dilihat. Apabila zat-zat itu tidak berbahaya atau bahkan berguna tentu tidak menjadi persoalan, tetapi apabila zat-zat terlarut tersebut dapat menurunkan manfaat air bagi manusia secara langsung atau tidak langsung hal itu menjadi persoalan (pencemaran) (Sedhana, 1977).

2. Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)

Tanaman air berdasarkan cara tumbuhnya digolongkan menjadi tiga, yaitu : tanaman yang perakarannya di dasar dan tubuhnya muncul di permukaan air, tanaman yang perakarannya di dasar dan tubuhnya tenggelam di air, dan tanaman yang mengapung bebas. Senyawa yang terdapat dalam limbah industri yang masuk dalam sistem perairan dapat terserap oleh tumbuhan melalui sistem perakaran (Widoretno dkk., 2000).

Kelompok tanaman air mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: batang, tangkai daun dan helaian daun umumnya mengandung sedikit atau tidak berlignin, bahkan pada jaringan berkas pengangkutnya sekalipun, daun hanya terdiri dari beberapa lapis sel, terjadi reduksi pada lapisan kutikula, mesofil tetap, kloroplas berada dalam jumlah yang besar terkonsentrasi dalam lapisan epidermis. Bentuk ini sebagai adaptasi yang akan meningkatkan penggunaan dan pertukaran gas (Wetzel, 1983)



Gambar 1. Tanaman Kayu Apu



Gambar 2. Tanaman Kiambang

Ada empat mekanisme utama tanaman dalam menghadapi tingkat toksisitas:

- a. Penghindaran (*escape*) fenologis-apabila stress yang terjadi pada tanaman bersifat musiman, tanaman dapat menyesuaikan siklus hidupnya, sehingga tumbuh dalam musim yang sangat cocok saja;
- b. *Eksklusi*-tanaman dapat mengenal ion yang toksik dan mencegah agar tidak terambil sehingga mengalami toksisitas;
- c. Penanggulangan (*ameliorasi*)-tanaman barangkali mengabsorpsi ion tersebut, tetapi bertindak sedemikian rupa untuk meminimumkan pengaruhnya. Jenisnya meliputi pembentukan kelat (*chelation*), pengenceran, lokalisasi atau bahkan ekskresi;
- d. Toleransi-tanaman dapat mengembangkan sistem metabolis yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik yang potensial, mungkin dengan molekul enzim (Fitter dan Hay, 1998).

Tanaman air mempunyai kemampuan yang besar dalam menyerap berbagai unsur, baik yang bersifat menguntungkan atau pencemar, relatif mudah didapatkan, tahan terhadap bahan-bahan beracun, mudah ditanam, cepat berkembang, efektif dan ekonomis. Tanaman mampu beradaptasi dengan kondisi limbah karena tersedianya nutrisi yang terkandung di dalam limbah (Palapa, 2006).

Menurut Suherman (2006) tanaman air dapat memfiltrasi, mengabsorpsi partikel dan mengabsorpsi ion-ion logam yang terdapat dalam limbah melalui akar. Akar-akar mengabsorpsi ion dari media yang kompleks yang

mengandung macam ion hara yang esensial, non esensial dan senyawa organik. Bila terjadi ketidakseimbangan yang berat dalam suplai ini, tanaman mungkin tidak mampu mengambil hara secara efisien. Baik karena pengaruh langsung ion toksik pada metabolismenya atau fungsi akar, atau semata-mata oleh kompetisi atau interaksi dengan ion-ion hara (Fitter dan Hay, 1998).

Tanaman kayu apu merupakan tumbuhan air yang mengambang di permukaan air dan jenis tanaman di daerah tropis. Kayu apu juga digolongkan ke dalam gulma air, baik di sawah-sawah maupun di perairan lainnya. Gulma ini dapat menyebabkan gangguan tumbuhan padi akibat adanya kompetisi pengambilan unsur-unsur hara. Pertumbuhan tanaman ini tidak dikehendaki oleh para petani karena dianggap dapat menghambat pertumbuhan padi dan dapat mengurangi hasil panennya, sehingga biasanya dibuang begitu saja oleh para petani dan kadang-kadang ditanam di kolam ikan (Siswoyo, 2006).

Kiambang merupakan salah satu tanaman yang hidupnya mengapung di permukaan air. Tanaman ini dapat hidup di daerah tropis, sub tropis dan daerah bertemperatur hangat di seluruh dunia. Biasanya tanaman ini banyak dijumpai di sawah, sungai, dan saluran air (Tjahaja, 2006).

Jenis-jenis tanaman air dikenal akan kemampuannya dalam menyerap air melalui proses transpirasi dari daun. Bersamaan dengan penyerapan air terserap pula bahan organik dan anorganik yang terdapat dalam air ditempat hidupnya. Salah satu faktor yang mempengaruhi akumulasi suatu unsur di bagian tanaman adalah proses metabolisme. Pada metabolisme tanaman, setelah diserap oleh akar unsur akan disalurkan ke bagian lain dari tanaman.

Pada saat mencapai daun, unsur akan mengikuti proses metabolisme yang berlangsung di daun kemudian berpindah lagi ke yang lain mengikuti proses metabolisme selanjutnya. Syarat tanaman dapat dijadikan fitoremediator adalah mempunyai nilai faktor transfer cukup besar dan tanaman harus tahan terhadap radiasi dan sifat toksik dari unsur ketidaknormalan pertumbuhan (Tjahaja dkk., 2004).

Proses dalam fitoremediasi berlangsung secara alami dengan enam tahap secara serial yang dilakukan tanaman terhadap zat kontaminan / pencemar yang berada di sekitarnya, yaitu :

1. *Phytoaccumulation (Phytoextraction)*, yaitu proses tanaman menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan, proses ini disebut *hyperaccumulation*.
2. *Rhizofiltration*, adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar.
3. *Phytostabilization*, yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap oleh ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat atau stabil pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air pada media.
4. *Rhizodegradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tanaman.
5. *Phytodegradation (Phytotransformation)*, yaitu proses yang dilakukan tanaman untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan

susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tanaman itu sendiri.

6. *Phytovolatilization*, yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tanaman dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang berbahaya lagi, untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer (Siswoyo, 2006)

Terdapat dua sifat pengambilan tanaman yaitu faktor konsentrasi, dimana kemampuan tanaman untuk mengakumulasi ion sampai satu konsentrasi yang kadang-kadang beberapa tingkat lebih besar daripada dalam medium, dan faktor perbedaan kuantitatif yang ada diantara spesies tanaman dan kebutuhan terhadap hara yang berbeda (Siswoyo, 2006).

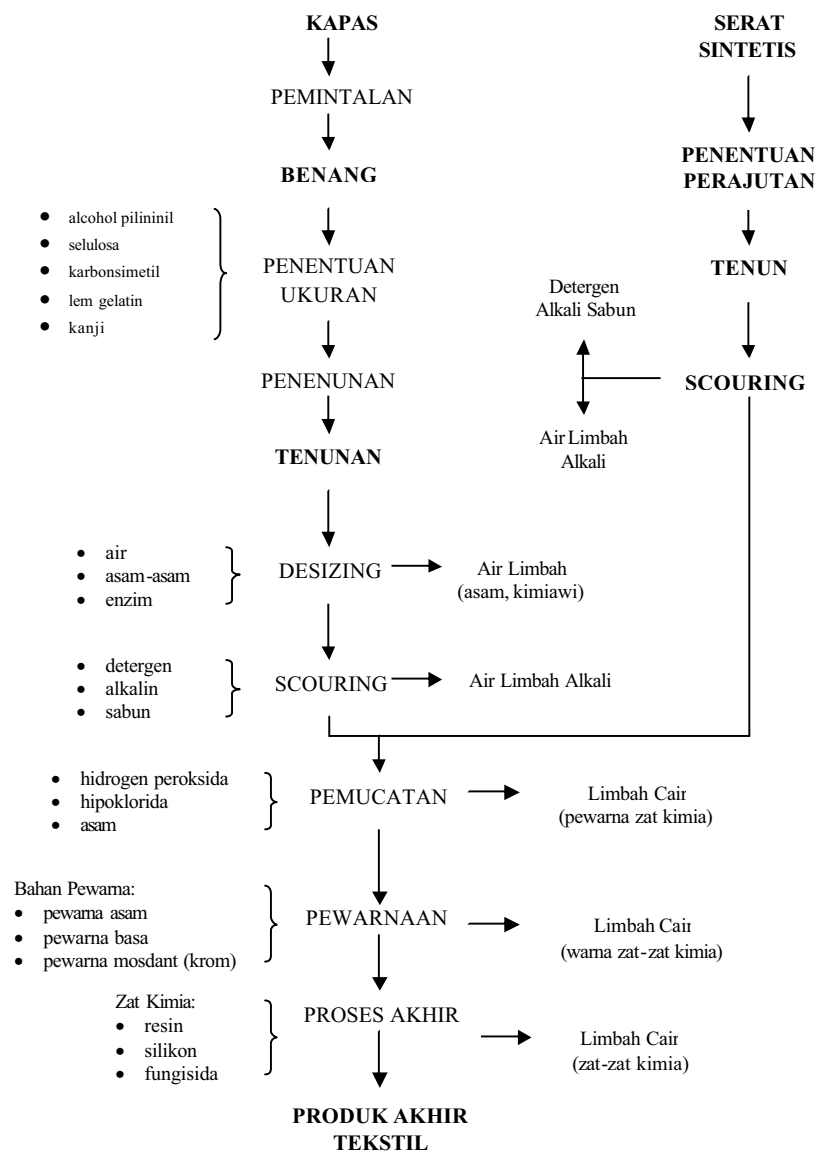
Masuknya air ke dalam tanaman, dapat secara difusi yaitu apabila air masuk melalui mulut daun di dalam bentuk uap air (dalam kondisi lembab). Secara osmosis apabila DPD (*Diffusion Pressure Deficit*) air tanah lebih rendah dari DPD air dalam sel-sel akar (Heddy, 1990)

Sampai saat ini, para peneliti masih mengkaji mekanisme yang terjadi dalam proses pengolahan logam secara fitoremediasi. Beberapa mekanisme yang diusulkan, tetapi belum dimengerti secara mendalam, antara lain pembentukan khelat logam dalam sistem intraseluler atau ekstraseluler, terjadinya senyawa logam yang mudah menguap dan munculnya akumulasi dan translokasi logam dalam sistem vaskular tanaman (Rismana, 2002).

3. Limbah Tekstil

a. Proses Produksi Tekstil

Pembuatan tekstil dari bahan baku serat buatan maupun dari serat alam (kapas) melalui serangkaian proses.



Gambar 3. Proses Produksi Tekstil (Sari, 2002)

b. Kandungan Limbah Dalam Industri Tekstil

Kandungan air limbah PT. Kusumahadi Santosa

- 1) Proses *Weaving*, dengan kandungan bahan diantaranya: CMC, acrylic, PVA.
- 2) Proses *Printing*, dengan kandungan bahan diantaranya: NaOH, H₂O₂, Na-Silikat, surfaktan, Na₂CO₃, asam asetat.
- 3) Proses *Finishing*, dengan kandungan bahan antara lain: Zat warna, emulsi, minyak, urea, phenol, alginat.
- 4) Dari umum, dengan kandungan bahan berasal dari: MCK, kantin, boiler.

Penggunaan limbah cair PT. Kusumahadi Santosa

- 1) Limbah cair berwarna

Berasal dari proses *dyeing* dan *printing* dengan jumlah ± 1000 m³/hari. Sifat fisik limbah memiliki warna pekat dan temperatur yang tinggi serta banyak mengandung minyak dan kotoran yang berupa pengental alginat yang umumnya memiliki sifat *non biodegradable*.

- 2) Limbah cair non warna

Berasal dari *pre-treatment*, *wearing* dan umum dengan jumlah sekitar 500 m³/hari. Limbah warna akan terbagi lagi menjadi limbah *biodegradable* dan *non biodegradable*.

- a) Limbah cair *biodegradable* berasal dari:

- Air buangan kantin.
- Larutan kanji dari proses *sizing* ± 180 l/hari.

- Limbah dari proses *desizing* dengan oksidator $\pm 75 \text{ m}^3/24 \text{ jam}$ dengan sifat pH dan temperatur tinggi.
 - Limbah dari proses *desizing* dengan enzim $\pm 13 \text{ m}^3/24 \text{ jam}$.
 - Limbah dari proses *desizing* yang berpH dan temperatur zat tersuspensi tinggi $\pm 360 \text{ m}^3/24 \text{ jam}$.
 - Air buangan dari proses *bleaching* dengan debit air $\pm 288 \text{ m}^3/24 \text{ jam}$.
 - Air sisa pencucian kain $\pm 360 \text{ m}^3/24 \text{ jam}$.
 - Air buangan dari sisa proses *sanforize*.
- b) Limbah cair *non biodegradable* berasal dari:
- Sisa-sisa H_2O_2 dan zat pembantu lain yang larut dalam air selama proses *bleaching* $\pm 288 \text{ m}^3/24 \text{ jam}$.
 - Larutan NaOH yang lepas dari proses *stentering* yang bersuspensi tinggi $\pm 13 \text{ m}^3/24 \text{ jam}$ (Sutarmiyati, 2001).

Kualitas lingkungan yang semakin memburuk akibat pencemaran pada udara, air, dan tanah merupakan ancaman besar bagi kelangsungan kehidupan makhluk hidup di bumi, tidak terkecuali manusia. Beberapa jenis polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan hewan selain gas beracun adalah logam kimia berbahaya jenis logam berat, seperti tembaga (Cu), kobalt (Co), timbal (Pb), cadmium (Cd), kromium (Cr), mangan (Mn), raksa (Hg), nikel (Ni), senyawa pestisida dan beberapa jenis senyawa organik. Jika melawati ambang batas, keberadaan jenis-jenis

polutan tersebut diketahui bersifat racun dan teratogenik, juga bersifat karsinogenik (Rismana, 2002).

c. Kromium (Cr)

1) Sifat Kromium (Cr)

Kromium (Cr) termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun Cr tergantung valensi ionnya. Berdasarkan pada sifat-sifat kimianya, logam Cr dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi 2+, 3+ dan 6+. Logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab. Akan tetapi pada udara yang mengandung CO₂ konsentrasi tinggi, logam Cr dapat mengalami oksidasi dan membentuk logam CrCl₂ (kromium diklorida). Cr merupakan logam yang sangat mudah bereaksi. Logam atau ion Cr yang telah membentuk senyawa, mempunyai sifat yang berbeda-beda (Palar, 1994).

2) Toksisitas Kromium (Cr)

Cr merupakan logam dengan tiga keadaan valensi Cr²⁺, Cr³⁺, Cr⁶⁺. Cr⁶⁺ baik dalam bentuk kromat maupun dikromat dapat menyebabkan kanker kulit dan infeksi saluran pernafasan (Sugiharto, 1987).

Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Ion Cr⁶⁺ adalah bentuk logam yang paling banyak dipelajari sifat racunnya karena daya racun Cr⁶⁺ yang sangat toksik, korosif dan karsinogen dimungkinkan Cr⁶⁺ dapat membentuk kompleks makromolekul dalam

sel, struktur kimianya juga dapat menembus membran sel dengan cepat dan mengalami reduksi dalam sel. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urin (Palar, 1994).

3) Sumber Pencemaran Kromium (Cr)

Sumber pencemaran Cr berasal dari air buangan industri-industri pelapisan Cr, pabrik tekstil, pabrik cat, pabrik tinta dan penyamakan kulit. Dalam badan perairan Cr dapat masuk melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisik seperti erosi yang terjadi pada batuan mineral. Disamping itu debu-debu dan partikel-partikel Cr yang di udara akan dibawa oleh air hujan. Masuknya Cr terjadi secara non alamiah lebih merupakan dampak atau efek dari kegiatan yang dilakukan manusia. Sumber-sumber Cr berkaitan dengan aktivitas manusia, dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga (Palar, 1994).

Pencemaran oleh zat warna tidak dapat ditanggulangi dengan proses koagulasi seperti kontaminan lain, misal pada zat terlarut, COD, BOD, dll; maka proses absorpsi merupakan suatu alternatif untuk menyerap limbah zat warna (Aldegs *et. al*, 1999).

Kadar logam dalam biota akan selalu bertambah dari waktu ke waktu karena sifat logam yang bioakumulatif, yaitu dapat terakumulasi pada organisme hidup sehingga biota air sangat baik digunakan sebagai indikator pencemaran logam dalam lingkungan perairan. Dewasa ini

sebagian besar air diduga telah tercemar logam berat yang diakibatkan oleh adanya gas otomotif dan gas buangan serta limbah dari pabrik (Wardhana, 1995).

Menurut *World Health Organization* (WHO), logam-logam yang paling mengundang perhatian adalah cadmium, kromium, kobalt, tembaga, timbal, nikel, merkuri dan seng (Jasmidi, 1994).

Tabel 1. Parameter Limbah Cair dari Proses Penyempurnaan Beberapa Bahan Tekstil.

Parameter	Unit	Baku Mutu Limbah Cair Industri Tekstil Kadar Maksimum
BOD ₅	mg/l	85
TSS	mg/l	60
COD	mg/l	250
Krom Total	mg/l	2.0
Fenol	mg/l	1.0
Ph	-	*6.0-9.0

Sumber : Arena Tekstil, No.24 Tahun 1995 dan Baku Mutu Limbah Cair Lampiran A.IX Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.Kep-51/MENLH/10/1995

Parameter utama pencemaran air untuk industri adalah TSS, TDS, BOD₅, COD, krom total, fenol dan pH (BAPPEDAL, 1994). Menurut Astirin dan Winarno (2000) secara umum limbah cair industri tekstil mempunyai karakteristik berwarna, pH tinggi, kadar BOD₅ rendah, kadar COD, suhu, padatan terlarut dan tersuspensi tinggi.

4. Parameter Fisika dan Kimia Air Limbah Industri Tekstil

a. Parameter Fisika Limbah Cair Industri Tekstil

Zat Padat Tersuspensi (TSS)

Analisis zat-zat padat tersuspensi yang berbeda dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, untuk

perencanaan dan pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan dengan tujuan penentuan parameter mutu air, desain prosedimentasi, flokulasi, filtrasi pada pengolahan air minum, desain pengendapan primer pada pengolahan air buangan, sedimentasi pada air sungai, drainase, dan lain-lain (Alaerts dan Santika, 1984).

b. Parameter Kimia Limbah Cair Industri Tekstil

1) *Biochemical Oxygen Demand* (BOD₅)

Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) adalah banyaknya O₂ dalam ppm atau mg/l yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali, untuk itu diperlukan waktu 100 hari pada suhu 20⁰ C; di laboratorium diperlukan waktu 5 hari sehingga dikenal sebagai BOD₅ (Sugiharto, 1987).

Ujicoba BOD₅ merupakan salah satu parameter yang paling penting untuk kekuatan atau daya cemar air limbah, sampah industri, selokan-selokan, dan air yang telah tercemar. BOD₅ menunjukkan, jumlah zat organik yang kemungkinan akan dioksidasi oleh kegiatan kegiatan bakteri aerobik (bakteri yang hidup dengan oksigen) biasanya dalam masa lima hari pada suhu 20⁰C (Mahida, 1984).

2) *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Menurut Mahida (1984) *Dissolved Oxygen* (DO) merupakan tolok ukur penting kualitas air, kesegaran limbah dan keadaan aerobik suatu perairan. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah banyaknya O₂

dalam ppm atau mg/l yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda-benda organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987).

3) Konsentrasi Ion Hidrogen (pH)

Konsentrasi Ion Hidrogen (pH) menyatakan intensitas keasaman atau tingkat alkalinitas dari suatu cairan encer dan mewakili konsentrasi hidrogen ionnya. Dalam air murni yang tidak bersifat asam atau mengandung alkali, jumlah ion-ion hidrogen adalah sama dengan jumlah ion-ion hidroksil. Apabila terdapat kelebihan ion hidrogen, maka air itu menjadi asam; sedangkan kekurangan ion-ion hidrogen menyebabkan air itu mengandung alkali. Jadi konsentrasi ion hidrogen bertugas sebagai petunjuk mengenai reaksi air (Mahida, 1984).

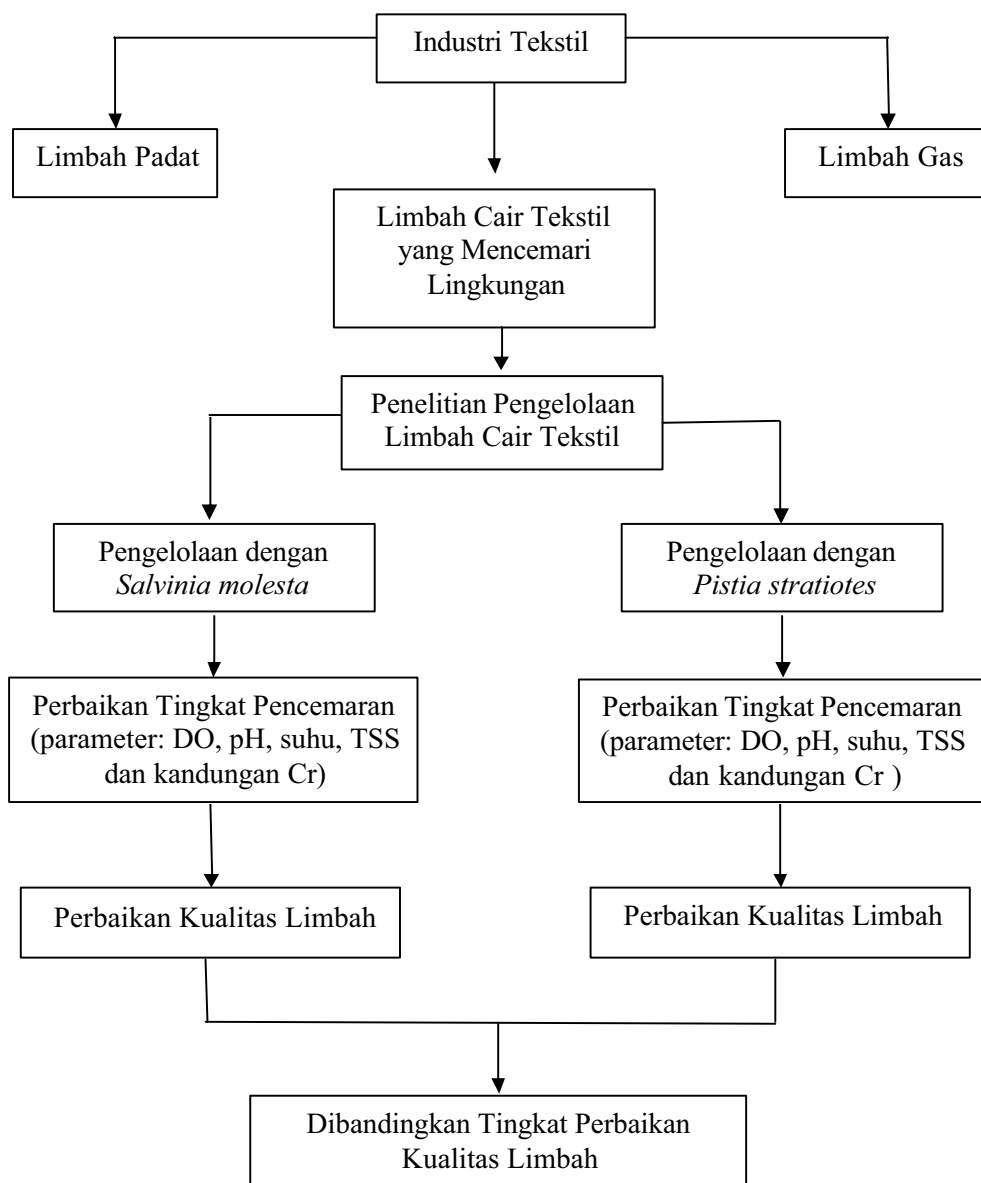
B. Kerangka Pemikiran

Secara alami perairan mempunyai daya purifikasi sendiri. Proses kesetimbangan alam tersebut akan terganggu oleh penggelontoran berbagai macam limbah, seperti limbah industri, pemukiman, pertanian yang semena-mena. Berbagai kasus pencemaran sungai-sungai oleh limbah industri akhir-akhir ini sering diungkapkan oleh media massa.

Di dalam air limbah dapat ditemukan berbagai macam parameter pencemar, seperti pH, padatan tersuspensi, padatan terlarut, suhu, DO, BOD₅, COD, fenol, logam dan sebagainya.

Limbah cair yang dihasilkan PT. Kusumahadi Santosa mempunyai kapasitas $\pm 1.500 \text{ m}^3/24 \text{ jam}$. Limbah dengan jumlah tersebut tentunya memberi pengaruh yang cukup besar bagi lingkungan sekitarnya. Mengingat pembuangan limbah di

saluran irigasi dan wilayah sekitarnya merupakan area pertanian. Limbah cair industri banyak mencemari sumber air bersih. Tumbuhan air dapat memfiltrasi, mengadsorpsi partikel dan mengabsorpsi ion-ion logam yang terdapat dalam air limbah melalui akar. Pengolahan limbah cair secara biologis merupakan salah satu cara yang relatif aman dan efektif.



Gambar 4. Skema Kerangka Pemikiran

C. Hipotesis

1. Tanaman air kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) diduga dapat memperbaiki kualitas limbah cair industri tekstil.
2. Tanaman air kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) diduga dapat menyerap logam berat Cr.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2007 sampai September 2008. Penelitian lapangan dengan perlakuan tumbuhan air dilakukan di Laboratorium Rumah Kaca (*green house*) Laboratorium Pusat MIPA. Analisis fisika dan kimia air limbah setelah perlakuan dilakukan di Sub Lab Biologi dan Sub Lab Kimia Laboratorium Pusat MIPA UNS Surakarta.

B. Bahan dan Alat

1. Bahan yang Digunakan
 - a. Tanaman air kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) yang diambil dari daerah persawahan Janti.
 - b. Air limbah industri tekstil PT. Kusumahadi Santosa, Jaten, Karanganyar yang diambil dari saluran buangan air limbah.
 - c. Reagen-reagen untuk analisis kandungan Cr dengan AAS : air suling, $K_2Cr_2O_7$ dan HNO_3 1 M.
 - d. Bahan untuk mengukur TSS yaitu : kertas *Whatman* 40 atau 41 (diameter 90 mm)
2. Alat yang Digunakan
 - a. Ember plastik volume 10 liter sebanyak 12 buah
 - b. Neraca *O-Hauss*

c. Alat-alat yang dibutuhkan untuk mengetahui parameter fisika dan kimia air limbah.

1) Untuk mengukur DO : DO meter

2) Untuk mengukur pH : pH meter

3) Untuk mengukur suhu: Termometer

4) Alat yang digunakan untuk mengukur kandungan logam berat Cr : gelas ukur 100 ml, *hot plate*, pipet tetes, *drag ball*, labu ukur 10 ml, labu ukur 100 ml, labu ukur 500 ml (persiapan sampel) dan FAAS (*Flame Atomic Absorbtion Spectroscopy*) AA-6650 Shimadzu (untuk mengukur kandungan Cr).

5) Alat yang digunakan untuk analisa TSS/padatan tersuspensi: timbangan digital, gelas ukur 100 ml, corong gelas, oven/*furnace*, cawan petri dan tang krus.

C. Cara Kerja

1. Aklimatisasi

Tanaman uji yang digunakan untuk penelitian dipilih yang ukurannya seragam untuk masing-masing jenisnya. Tanaman diaklimatisasikan dengan cara ditanam pada ember yang berisi air bersih selama dua minggu. Berat masing-masing jenis tanaman pada perlakuan adalah 250 gram.

2. Perlakuan

Dilakukan dengan meletakkan air limbah ke dalam ember dengan konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Meletakkan tanaman yang sudah diaklimatisasi

ke dalam ember yang sudah berisi limbah. Kemudian mengukur parameter fisika dan kimianya yang meliputi DO, pH, suhu, TSS dan kandungan Cr.

3. Analisis Kualitas Air Limbah

Pengamatan dilakukan setiap 4 hari sekali selama 12 hari. Pengambilan sampel dilakukan di *green house*, kemudian dibawa ke laboratorium kimia untuk dianalisa.

4. Pengukuran oksigen terlarut (DO = *Dissolved Oxygen*) menggunakan DO meter elektrik dengan cara mencelupkan ujung elektrodanya ke dalam air limbah pada kedalaman ± 5 cm di bawah permukaan air. Pembacaan skala DO meter dilakukan setelah menunjukkan angka yang konstan.
5. Pengukuran pH menggunakan pH meter elektrik dengan cara mencelupkan ujung elektrodanya ke dalam air limbah pada kedalaman ± 3 cm di bawah permukaan air. Pembacaan skala pH meter dilakukan setelah menunjukkan angka yang konstan.
6. Pengukuran suhu dengan menggunakan termometer.
7. Analisis TSS
 - a. Mengocok contoh uji hingga homogen sebanyak 200 ml tiap sampel, kemudian didiamkan selama satu malam.
 - b. Diambil kertas saring *Whatman* 40 atau 41 (diameter 90 mm) dan dimasukkan ke dalam oven suhu 103-105⁰C selama satu jam, lalu diambil dan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Kemudian ditimbang dengan teliti menggunakan timbangan digital, misalnya diperoleh B₁ mg (1 jam pertama).

- c. Mengulangi langkah pada butir b) sampai diperoleh berat konstan atau perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg, hasil penimbangannya sebagai B₂ mg (1 jam kedua).
- d. Sampel diambil sebanyak 100 ml dan disaring dengan kertas saring yang telah diketahui berat konstan.
- e. Setelah itu, kertas saring beserta *filtratnya* dimasukkan ke dalam oven suhu 103-105⁰C selama satu jam. Kemudian diambil dan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Kemudian diambil dan ditimbang dengan teliti misalnya sebagai A₁ mg (1 jam pertama).
- f. Mengulangi langkah pada butir e) sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg, hasil penimbangannya sebagai A₂ mg (1 jam kedua).

Perhitungan:

$$\text{mg TSS per liter (C)} = \frac{(A_2 - B_2) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (liter)}}$$

Keterangan:

- A₂ : berat kertas saring berisi residu tersuspensi (mg), setelah penimbangan 1 jam kedua atau setelah diperoleh berat konstan.
- B₂ : berat kertas saring kosong tanpa filtrat (mg), setelah penimbangan 1 jam kedua atau setelah diperoleh berat konstan.
- C : hasil, yaitu mg/l residu tersuspensi.

(SNI 06-6989.3-2004)

8. Uji Cr dengan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

a. Pembuatan larutan kerja logam Cr

- 1) Pembuatan larutan induk logam Cr 1000 ppm
- 2) Dari larutan induk tersebut diambil 10 ml dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml ditambahkan larutan pengencer (HNO_3 1 M) sampai tepat tanda tera (disebut larutan baku 100 ppm).
- 3) Dari larutan baku 100 ppm tersebut diambil 50 ml dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml ditambahkan larutan pengencer sampai tepat tanda tera (disebut larutan baku 10 ppm).
- 4) Mengambil dengan pipet 0 ml; 2 ml; 5 ml; 10 ml; 20 ml; 30 ml; 40 ml dan 50 ml masing-masing ke dalam labu ukur 100 ml, kemudian ditambahkan larutan pengencer sampai tepat tanda tera.
- 5) Sehingga diperoleh larutan kerja logam Cr dengan konsentrasi 0,0 mg/l; 0,2 mg/l; 0,5 mg/l; 1 mg/l; 2 mg/l; 3 mg/l; 4 mg/l dan 5 mg/l.

b. Persiapan Contoh Uji

- 1) Memasukkan 100 ml contoh uji yang sudah dikocok sampai homogen ke dalam gelas ukur.
- 2) Menambahkan 5 ml HNO_3 65%
- 3) Memanaskannya di atas *hot plate* hingga hampir kering sekitar 2-3 jam.
- 4) Mengangkatnya dari *hot plate* kemudian menambakkannya dengan 50 ml air suling (aquades).
- 5) Memasukkan ke dalam labu ukur 100 ml melalui corong dengan menggunakan kertas saring.

c. Pengukuran Kadar Cr dengan FAAS (*Flame Atomic Absorbtion Spectroscopy*) AA 6650 Shimadzu.

(SNI 06-6989.17-2004)

9. Hasil pengukuran parameter dibandingkan dan dianalisis dengan uji statistik.

D. Analisis Data

Penelitian dengan menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 3 kali ulangan menggunakan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk melihat perbedaan konsentrasi dan hari. Jika terdapat beda nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan jenjang 5%. Dilakukan uji t (*t-test*) untuk melihat beda perlakuan antara tanaman kayu apu dan kiambang.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbaikan kualitas air di wilayah Jaten, Karanganyar sangatlah diperlukan, mengingat wilayah tersebut sangat dekat dengan area persawahan. Menurut penduduk di sekitar air limbah tersebut digunakan untuk mengairi sawah. Padahal dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa air limbah buangan dari pabrik tekstil di Jaten mengandung logam berat Cr yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

Dalam upaya memperbaiki kualitas limbahnya, digunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai fitoremediator. Jenis tanaman tersebut banyak tumbuh di wilayah persawahan. Fitoremediasi masih dianggap sebagai metode yang cukup efektif dan ekonomis untuk memperbaiki kualitas limbah serta masih potensial dikembangkan penelitiannya.

Tanaman secara alamiah akan melakukan mekanisme penyerapan air dan unsur-unsur yang terkandung di dalamnya, kondisi itulah yang dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas limbah. Fitoremediasi merupakan metode pemulihan yang mengandalkan peran tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan memobilisasi bahan pencemar baik logam berat maupun senyawa organik (Siswoyo, 2005).

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah pH, suhu, DO, TSS dan kandungan Cr. Berdasarkan data hasil penelitian, menunjukkan bahwa penggunaan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) dapat memperbaiki kualitas limbah cair untuk parameter DO, pH, suhu dan kandungan Cr namun tidak untuk TSS.

A. HASIL PENGAMATAN

Tabel 2. Hasil Rerata (3 ulangan) Pengukuran Faktor Lingkungan (DO, pH, suhu, TSS dan kandungan Cr) Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

Konsentrasi	Parameter																			
	DO (ppm) Hari ke-				pH Hari ke-				Suhu (°C) Hari ke-				TSS (mg/l) Hari ke-				Cr (ppm) Hari ke-			
	0	4	8	12	0	4	8	12	0	4	8	12	0	4	8	12	0	4	8	12
0%	4.02	5.47	6.3	7.9	7.13	7.08	7.03	7.38	29.13	30	31.1	33.2	63.33	166.7	90	116.7	0.017	0.017	0.017	0.019
25%	3.57	4.29	5.87	6.97	8.59	7.34	7.19	7.44	29.1	29.87	31.03	33.37	76.67	180	140	140	0.045	0.018	0.012	0.015
50%	2.94	3.51	6.67	6	8.9	7.45	7.21	7.3	29.37	30.37	31.4	34.03	153.3	143.3	100	150	0.05	0.024	0.022	0.016
75%	4.2	3.33	5.47	4.63	9.51	7.51	7.34	7.3	30.27	30.36	30.5	30.87	160	153	257	197	0.054	0.034	0.034	0.022
100%	2.57	3.24	5.17	5.7	9.2	7.43	7.86	8.06	29.27	30.57	31.63	33.2	93	130	276.7	180	0.063	0.046	0.033	0.022

Tabel 3. Hasil Rerata (3 ulangan) Pengukuran Faktor Lingkungan (DO, pH, suhu, TSS dan kandungan Cr) Tanaman Kiambang (*Sabhinia molesta*)

Konsentrasi	Parameter																			
	DO (ppm) Hari ke-				pH Hari ke-				Suhu (°C) Hari ke-				TSS (mg/l) Hari ke-				Cr (ppm) Hari ke-			
	0	4	8	12	0	4	8	12	0	4	8	12	0	4	8	12	0	4	8	12
0%	6.3	4.28	4.52	5.27	6.67	7.38	7.23	7.38	28.6	30.4	28.67	29.8	60	30	20	67	0.017	0.005	0.004	0.007
25%	5.84	3.43	3.51	4.8	9.41	7.49	7.47	7.53	28.67	30.77	28.83	29.8	70	40	26.67	80	0.037	0.034	0.030	0.020
50%	5.36	2.83	3.07	4.73	9.79	7.61	7.68	7.99	28.73	30.93	28.67	29.67	150	96.67	56.67	106.7	0.048	0.043	0.037	0.025
75%	4.64	2.64	2.99	4.53	10.01	7.86	7.95	8.48	28.63	31.03	28.97	29.7	160	60	30	140	0.053	0.048	0.038	0.037
100%	4.91	2.54	3.16	4.6	10.1	8.09	8.08	8.88	28.87	31.1	29.37	29.67	130	83	53	137	0.068	0.054	0.043	0.017

B. PEMBAHASAN

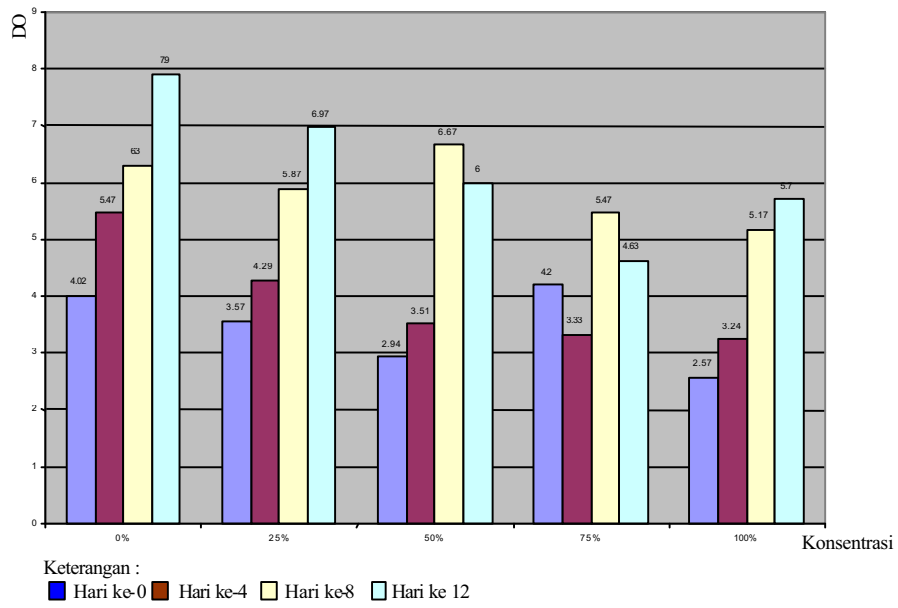
1. *Dissolved Oxygen* (DO/Oksigen Terlarut)

Menurut Mahida (1984), DO merupakan tolok ukur penting kualitas air, kesegaran limbah dan keadaan aerobik suatu perairan. Untuk mengetahui kualitas air dalam suatu perairan dapat dilakukan dengan mengamati parameter kimia DO (Salmin, 2005).

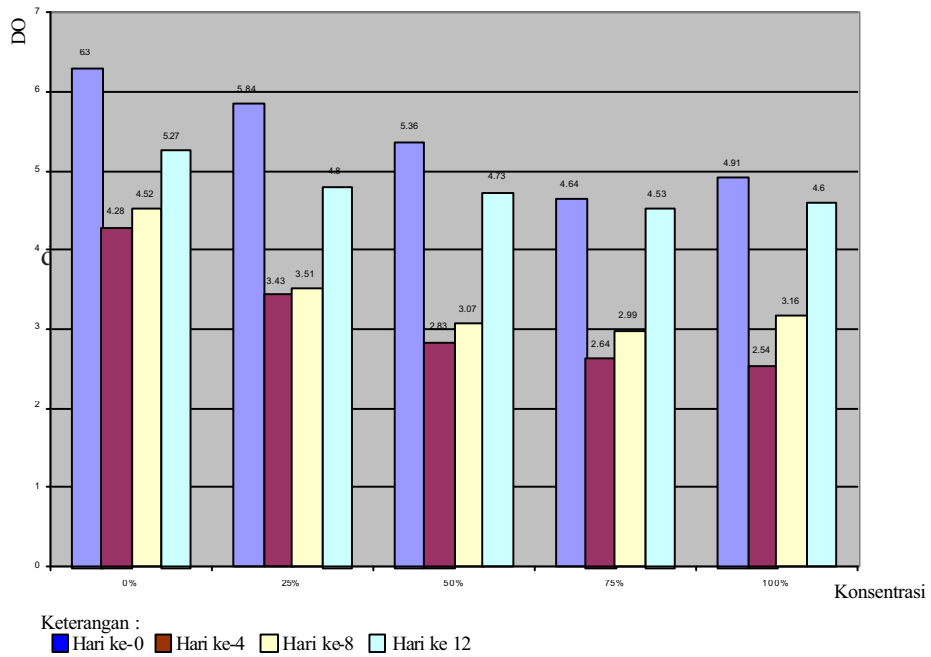
Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik (Salmin, 2000)

Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Selain itu, oksigen juga menentukan jenis biologis yang dilakukan oleh organisme aerobik atau anaerobik (Salmin, 2005).

Menurut Swingle (1968 dalam Salmin 2005) kandungan oksigen terlarut (DO) minimum adalah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (toksik). Kandungan oksigen terlarut ini sudah cukup mendukung kehidupan organisme. Idealnya, kandungan oksigen terlarut tidak boleh kurang dari 1,7 ppm selama waktu 8 jam dengan sedikitnya pada tingkat kejenuhan sebesar 70% (Huet, 1970 dalam Salmin 2005).



Gambar 5. Histogram rata-rata nilai DO limbah cair pada perlakuan dengan Tanaman *Pistia stratiotes*.



Gambar 6. Histogram rata-rata nilai DO limbah cair pada perlakuan dengan tanaman *Salvinia molesta*.

Dari hasil uji statistik (Lampiran 1.a. dan 1.b.) diketahui bahwa konsentrasi dan hari berpengaruh (signifikan) terhadap perubahan nilai DO.

Dari gambar 5 dan 6 dapat dilihat bahwa tanaman kayu apu dan kiambang dapat meningkatkan nilai DO pada semua perlakuan konsentrasi, namun tidak pada semua perlakuan hari.

Tanaman kayu apu, terjadi kenaikan nilai DO dari hari ke -0 sampai hari ke-12 untuk konsentrasi 0%, 25%, 50% dan 100%, sedangkan untuk konsentrasi 75% terjadi penurunan nilai DO pada hari ke -4 dan hari ke -12, meskipun masih terjadi peningkatan DO jika dilihat dari hari ke -0 sampai hari ke-12 dengan nilai kenaikan yang sangat kecil.

Tanaman kiambang, terjadi penurunan nilai DO pada hari ke -4 dan terjadi kenaikan pada hari ke -8 dan 12. Nilai DO dilihat dari awal dan akhir terjadi penurunan.

Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2000).

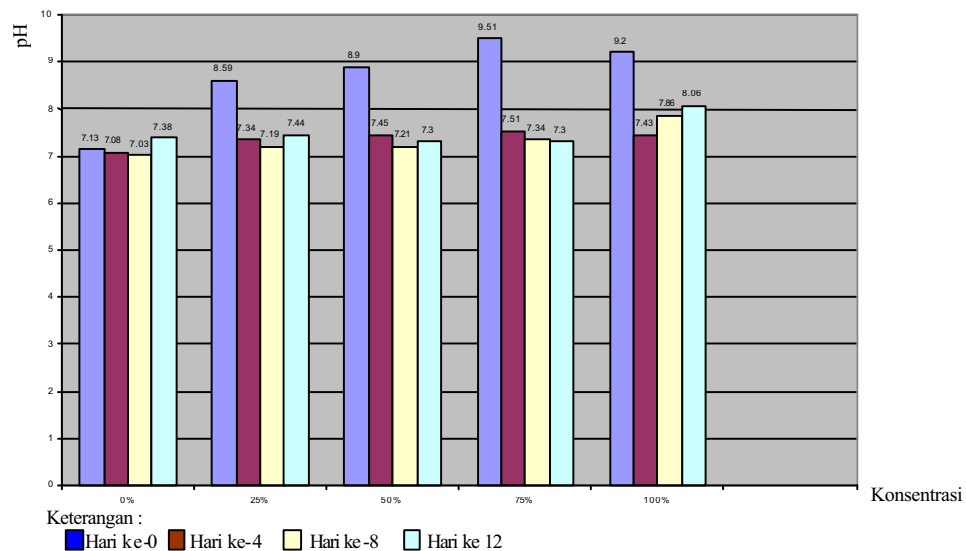
Yang mempengaruhi laju fotosintesis suatu tanaman adalah intensitas cahaya, konsentrasi CO₂ dan suhu. Fotosintesis hanya dapat terus berlangsung jika ada pigmen hijau yaitu klorofil. Klorofil dikatakan pigmen karena menyerap cahaya. Adanya klorofil dalam tanaman sangat berpengaruh terhadap proses fotosintesis karena ia berperan dalam menyerap cahaya. Persamaan bagi fotosintesis adalah sebagai berikut : $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ (Kimball, 2002)

Ada perbedaan yang signifikan rata-rata DO pada tanaman *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes*, dengan rata-rata DO pada *Pistia stratiotes* lebih besar dari *Salvinia molesta* dilihat dari hasil uji t (*t-test*) pada lampiran 11.

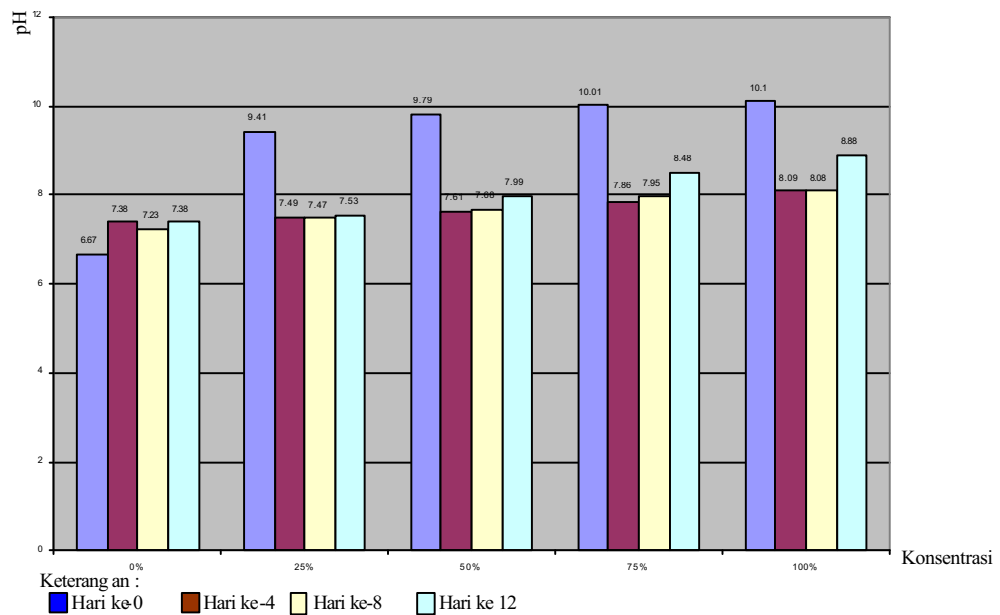
Penggunaan kedua tanaman air tersebut bisa meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam limbah cair. Fotosintesis tanaman semakin meningkat dari hari ke hari, sehingga meningkatkan kandungan oksigen terlarut.

2. *Puissance de Hydrogen Scale* (pH)/Konsentrasi Ion Hidrogen

Konsentrasi ion hidrogen tersebut merupakan kualitas dari air/air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis (Sugiharto, 1987).



Gambar 7. Histogram rata-rata nilai pH limbah cair pada perlakuan dengan tanaman *Pistia stratiotes*.



Gambar 8. Histogram rata-rata nilai pH limbah cair pada perlakuan dengan tanaman *Salvinia molesta*.

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH 6,5-7,5. Secara umum pH dipengaruhi oleh konsentrasi CO_2 bebas dan senyawa yang bersifat asam (Wardhana, 1999).

Pada tanaman kayu apu dan kiambang dari hasil uji statistik (Lampiran 1.c. dan 1.d.) diketahui bahwa perlakuan konsentrasi dan hari berpengaruh (signifikan) terhadap perubahan nilai pH.

Dari gambar 7 dan 8 diketahui bahwa pada kedua tanaman tersebut, terjadi perbaikan kualitas air dilihat dari nilai pH yang mendekati kisaran netral dari hari ke hari. Perbaikan pH sangat tampak pada hari ke-4, sedangkan pada hari ke-12 tampak terjadi kenaikan pH kembali (menjauhi kondisi air normal), namun masih berada dalam kisaran yang dibolehkan oleh pemerintah sesuai dengan baku mutu yaitu 6,0-9,0.

Pada hari ke-0, limbah pada konsentrasi 25%, 50%, 75% dan 100% bersifat basa. Limbah cair industri tekstil pada umumnya mempunyai karakteristik warna dan kekeruhan yang tinggi, bersifat alkalin, memiliki kandungan organik dan anorganik tinggi serta mengandung bahan-bahan sintetik, seperti zat warna yang sulit diuraikan secara biologi (Fadlullaii, 2004).

Menurut Kus (2001) air limbah industri tekstil sering bersifat basa karena prosesnya banyak mengandung soda kostik (NaOH). NaOH dihasilkan dari proses *printing* dan *stentering* pada proses produksi tekstil PT. Kusumahadi Santosa, yang menyebabkan limbah bersifat basa. Selain itu juga dihasilkan organik dari proses *finishing* (emulsi, minyak) dan air buangan kantin (Sutarmiyati, 2001).

Adanya kandungan bahan organik meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang bisa meningkatkan tingkat keasaman/menurunkan pH, karena mungkin mungkin jenis mikroorganisme yang ditemukan adalah mikroorganisme/bakteri penghasil asam.

Ada perbedaan yang signifikan rata-rata pH pada tanaman *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes*, dengan rata-rata pH pada *Pistia stratiotes* lebih kecil dari *Salvinia molesta* dilihat dari hasil uji t (*t-test*) pada lampiran 11.

Tanaman air memiliki kelompok mikrobial *Rhizosfera* yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penguraian terhadap benda-benda organik maupun anorganik yang terdapat dalam air buangan (Siswoyo, 2006)

Adanya kandungan bahan organik meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang bisa meningkatkan tingkat keasaman/menurunkan pH,

karena mungkin jenis mikroorganismenya yang ditemukan adalah mikroorganismenya/bakteri penghasil asam.

Pengendalian secara biologis dapat dilakukan dengan proses aerob dan anaerob. Proses aerobik terdiri dari dua tahap yaitu tahap pembentukan asam dan tahap pembentukan metana. Tahap pembentukan asam akan menurunkan pH awal. Reaksi sederhana penguraian senyawa organik secara anaerob, yaitu : bahan organik \rightarrow $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (Manurung, 2008).

Pembentukan asam dari senyawa-senyawa organik sederhana (monomer) dilakukan oleh bakteri-bakteri penghasil asam yang terdiri dari sub divisi *acid/farming bacteria* dan *acetogenic bacteria*. Asam propionat dan butirat diuraikan oleh *acetogenic bacteria* menjadi asam asetat (Manurung, 2008).

Mosey (1983) dalam Manurung (2008) menggunakan glukosa sebagai sampel untuk menjelaskan proses penguraian senyawanya.

1. *Acid Forming bacteria* menguraikan senyawa glukosa menjadi :
 - a. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2$ (asam asetat)
 - b. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2$ (asam butirat)
 - c. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{H}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O}$ (asam propionat)
2. *Acetogenic bacteria* menguraikan asam propionat dan asam butirat menjadi :
 - d. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$ (asam asetat)
 - e. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2$ (asam asetat)

Penggunaan tanaman meningkatkan massa mikroorganisme yang semakin meningkatkan produksi asam yang bisa menurunkan tingkat kebasaaan sehingga mendekati pada kisaran normal.

Air yang mempunyai pH lebih kecil dari normal akan bersifat asam sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari normal akan bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan mengubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme dalam air (Wardhana, 2004)

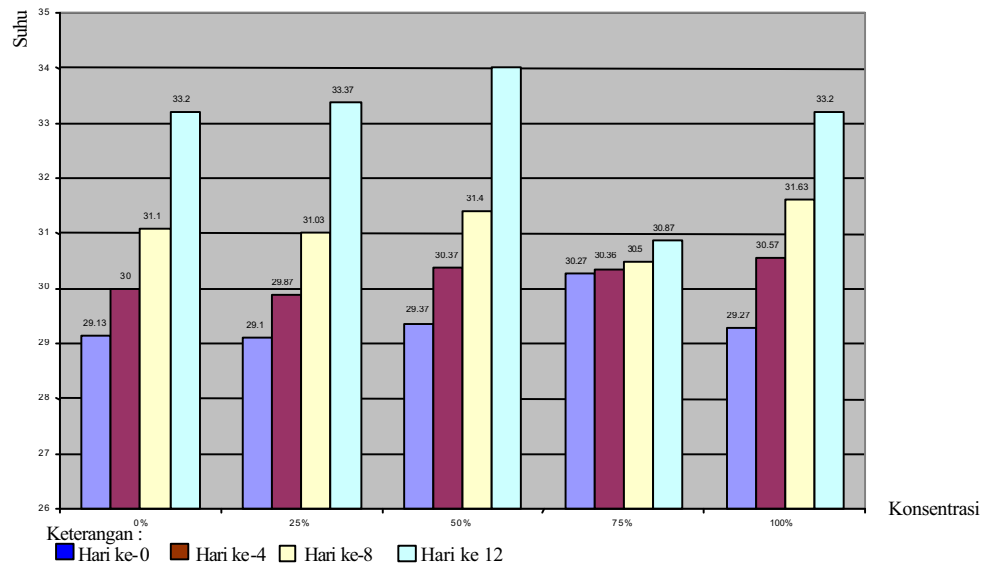
3. Suhu

Suhu menjadi faktor penentu atau pengendali bagi kehidupan flora dan fauna aquatik. Suhu normal air buangan agak sedikit lebih tinggi daripada suhu umum air alami (Mahida, 1984).

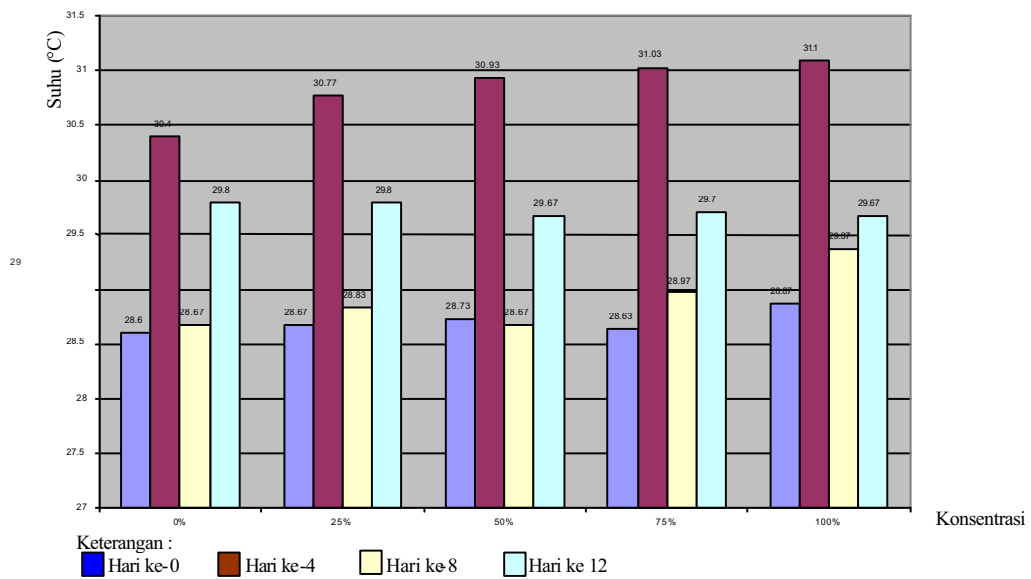
Pada tanaman kayu apu dan kiambang dari hasil uji statistik (Lampiran 1.e. dan 1.f.) diketahui bahwa perlakuan konsentrasi dan hari berpengaruh (signifikan) pada perubahan suhu.

Dari Gambar 9 dan 10 dapat dilihat bahwa suhu pada kontrol dengan suhu pada air limbah tidak menunjukkan perbedaan yang besar, pada tanaman kayu apu dan kiambang.

Ada banyak faktor yang bisa menyebabkan perubahan sebenarnya suhu air itu tidak mudah berubah. Hal ini tampak pada *specific heat* air yakni angka yang menunjukkan jumlah kalori yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu gram air menjadi 10 C. *Specific heat* bagi air adalah 1 gr⁰C (Slamet, 1996).



Gambar 9. Grafik rata-rata nilai suhu limbah cair pada perlakuan dengan tanaman *Pistia stratiotes*.



Gambar 10. Grafik rata-rata nilai suhu limbah cair pada perlakuan dengan tanaman *Salvinia molesta*.

Dengan demikian, transfer panas dari dan ke air tidak banyak menimbulkan perubahan suhu. Kapasitas panas yang besar ini menyebabkan

efek stabilisasi badan air terhadap kehidupan udara sekitarnya sehingga dapat melindungi kehidupan akuatik yang sensitif terhadap gejolak suhu. Adanya perbedaan suhu disebabkan oleh perbedaan waktu, pengambilan sampel, arah penyinaran dan letak matahari (Slamet, 1996).

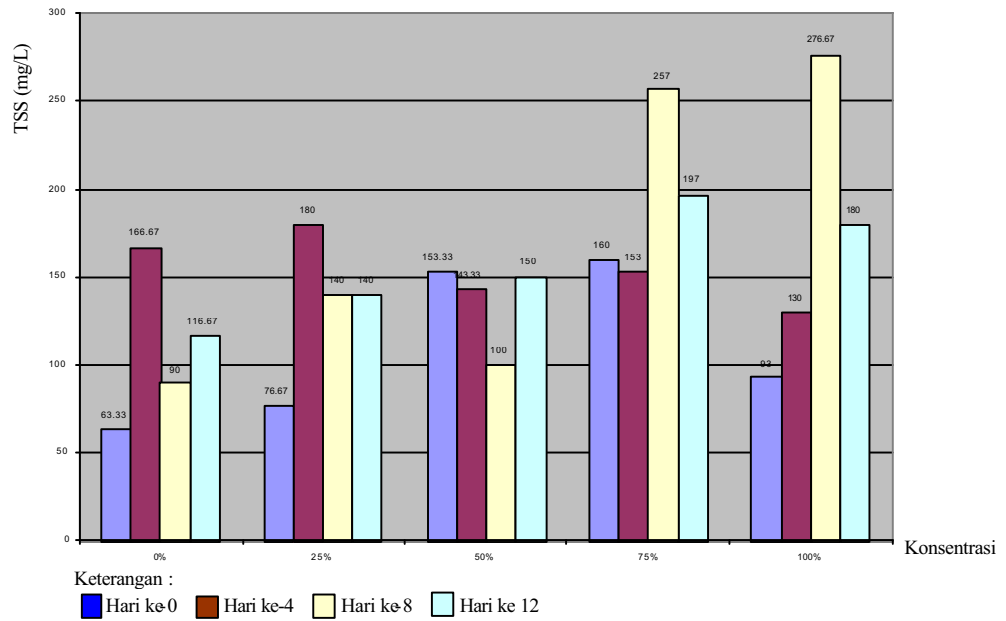
Ada perbedaan yang signifikan rata-rata suhu pada tanaman *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes*, dengan rata-rata suhu pada *Pistia stratiotes* lebih besar dari *Salvinia molesta* dilihat dari hasil uji t (*t-test*) pada lampiran 11.

4. TSS (*Total Suspended Solids*)

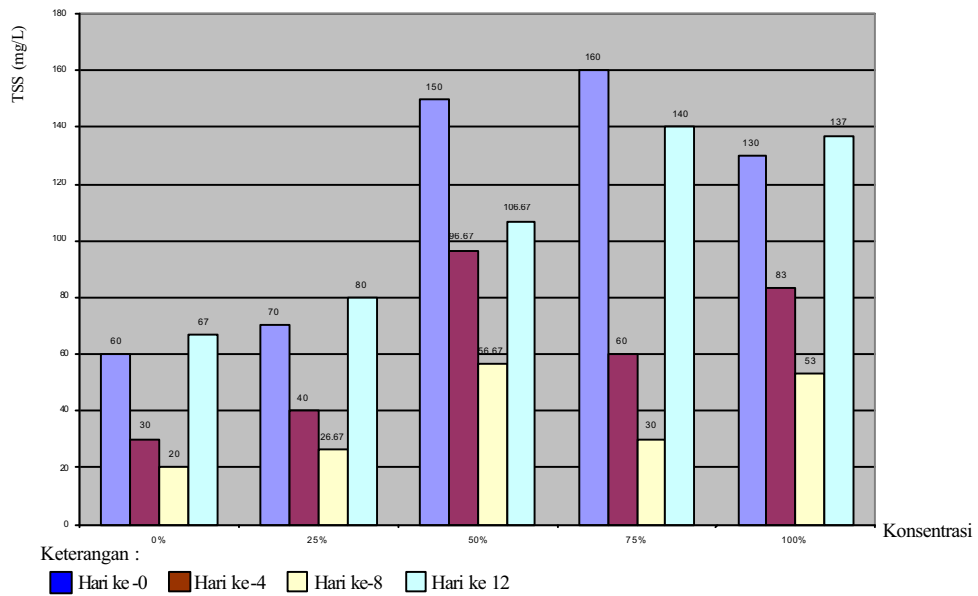
Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel dengan ukuran 1 μ m maupun beratnya lebih kecil dari proses sedimen seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat, dll (Sunu, 2001).

Limbah industri sering mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang relatif tinggi. Padatan tersuspensi yang berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi sinar matahari ke kolam air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan (Sunu, 2001).

Dari hasil uji statistik (Lampiran 9.A. dan 9.B.) diketahui bahwa pada tanaman kayu apu dan kiambang perlakuan konsentrasi dan hari berpengaruh (signifikan) pada perubahan nilai TSS.



Gambar 11. Histogram rata-rata nilai TSS limbah cair pada perlakuan dengan tanaman *Pistia stratiotes*



Gambar 12. Histogram rata-rata nilai TSS limbah cair pada perlakuan dengan tanaman *Salvinia molesta*.

Pada tanaman kayu apu (gambar 11), untuk konsentrasi 0% dan 25 % terjadi kenaikan nilai TSS pada hari ke-4 dan penurunan pada hari ke-8. Terjadi kenaikan pada hari ke- 12 untuk konsentrasi 0% dan tidak ada perubahan pada hari ke-12 untuk konsentrasi 25%. Untuk konsentrasi 50% terjadi penurunan dari hari ke -0, 4, dan 8, serta terjadi peningkatan untuk hari ke-12.

Pada konsentrasi 75% terjadi penurunan pada hari ke-4, kenaikan pada hari ke-8 dan penurunan pada hari ke-12. Untuk konsentrasi 100% terjadi kenaikan dari hari ke-0, 4, dan 8 serta penurunan pada hari ke -12. Berarti pada tanaman kayu apu tidak dapat menurunkan nilai TSS.

Pada tanaman kiambang (gambar 12), pada konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terjadi penurunan sampai hari 8, namun terjadi kenaikan pada hari ke-12. Kiambang mampu menurunkan TSS sampai hari ke-8.

Dari hari ke-0 sampai hari ke -12, kedua tanaman tersebut terhitung tidak dapat menurunkan kandungan tersuspensi. Bahkan meningkatkan kandungan zat tersuspensi. Hal ini mungkin disebabkan karena tanaman tersebut justru mengekskresikan zat yang meningkatkan kandungan zat tersuspensi. Atau, terjadi peningkatan kandungan zat tersuspensi karena adanya penguraian sebagian sisa tanaman yang mati.

Karena dalam proses fitoremediasi ada mekanisme yang disebut penanggulangan (*ameliorasi*) yaitu jika ada zat atau kontaminan maka tanaman akan mengabsorpsi ion tersebut, tetapi jika ternyata memberi pengaruh negatif pada tana man dia akan melakukan ekskresi (Fitter dan Hay, 1998).

Ada perbedaan yang signifikan rata-rata TSS pada tanaman *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes*, dengan rata-rata TSS pada *Pistia stratiotes* lebih besar dari *Salvinia molesta*. dilihat dari hasil uji t (*t-test*) pada lampiran 11.

5. Kandungan Cromium (Cr)

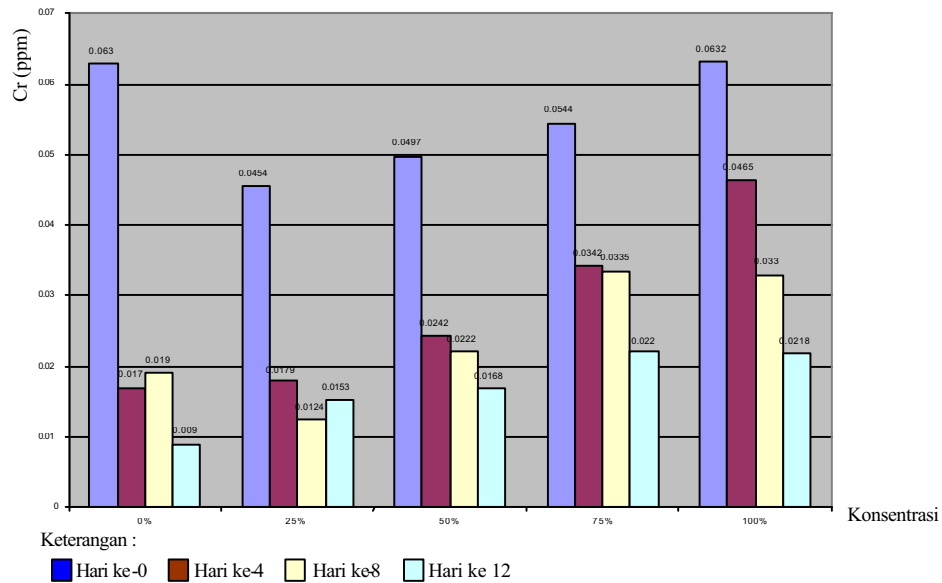
Cromium termasuk ke dalam golongan logam berat. Logam secara khas menggambarkan suatu unsur yang merupakan konduktor listrik yang padatan tersuspensi dalam jumlah baik dan mempunyai konduktivitas panas, rapatan, kemudahan di tempa kekerasan dan keelektropositifan yang tinggi (Palar, 1994).

Berdasarkan pada sifat-sifat kimiannya, logam Cr dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi 2+, 3+,6+. Sesuai dengan tingkat valensi yang terbentuk dari logam cr 2+ akan bersifat basa, dari logam Cr3+ bersifat amfoter dan yang dari ion logam Cr6+ akan bersifat asam.

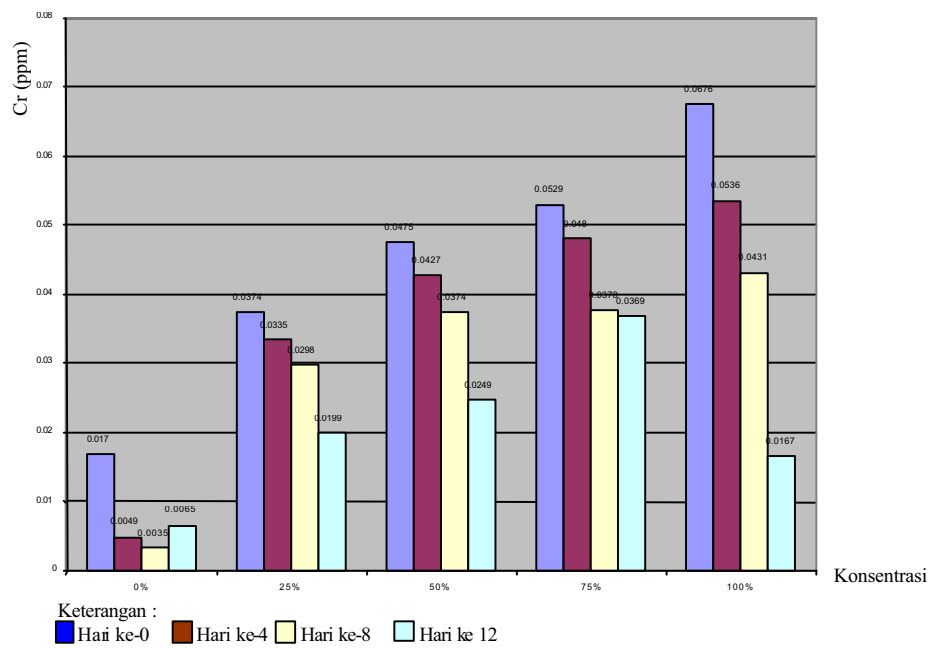
Dari hasil uji statistik (Lampiran 10.A.) diketahui bahwa pada tanaman kayu apu perlakuan konsentrasi dan hari berpengaruh (signifikan) pada perubahan kandungan logam berat Cr dalam limbah cair.

Pada tanaman kiambang (Lampiran 10.B.) perlakuan konsentrasi tidak berpengaruh pada perubahan kandungan Cr, perlakuan hari berpengaruh (signifikan) pada perubahan kandungan Cr.

Pada tanaman kayu apu dan kiambang terjadi penurunan kandungan Cr dari hari ke-0, 4, 8, dan 12 (gambar 13 dan 14) untuk konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.



Gambar 13. Histogram rata-rata nilai kandungan Cr limbah cair pada perlakuan dengan tanaman *Pistia stratiotes*



Gambar 14. Histogram rata-rata nilai kandungan Cr limbah cair pada perlakuan dengan tanaman *Salvinia molesta*.

Beranekaragam unsur dapat ditemukan di dalam tubuh tumbuhan, tetapi tidak berarti bahwa seluruh unsur-unsur tersebut dibutuhkan tumbuhan untuk kelangsungan hidupnya, bahkan ada unsur yang justru meracuni tumbuhan (Heddy, 1990).

Menurut Siswoyo (2006) Penurunan kandungan Cr dalam limbah cair dengan perlakuan tanaman kayu apu dan kiambang tidak terlepas dari proses yang disebut fitoremediasi, yaitu menggunakan peran tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan memobilisasi bahan pencemar baik logam berat maupun senyawa organik sehingga kondisinya bisa pulih kembali. Atau karena dalam fitoremediasi terjadi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air (Rismana, 2002).

Terjadinya penurunan kandungan Cr juga bisa karena tanaman air memiliki kelompok mikrobial *rhizosfera* yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penguraian terhadap benda-benda organik maupun anorganik dalam air buangan. Sedangkan dengan penggunaan tanaman semakin meningkatkan jumlah mikrobial.

Ada perbedaan yang signifikan rata-rata kandungan Cr pada tanaman *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes*, dengan rata-rata kandungan Cr pada *Pistia stratiotes* lebih tinggi dari *Salvinia molesta* dapat dilihat dari hasil uji t (*t-test*) pada lampiran 11. Namun kemampuan tanaman untuk menyerap logam berat adalah berbeda untuk setiap jenis tanaman. Dikarenakan setiap jenis tanaman mempunyai sifat yang berbeda (Rismana, 2002).