

PENGOLAHAN LIMBAH



**LAPORAN
PENELITIAN TERAPAN**

**PEMANFAATAN ECENG GONDOK (*EICHORNIA CRASSIPES*)
UNTUK MENURUNKAN KANDUNGAN COD(*CHEMICAL OXYGEN
DEMAND*), pH, BAU, DAN WARNA PADA LIMBAH CAIR TAHU**

Oleh:

Rita Dwi Ratnani, ST., M.Eng

Indah Hartati, ST.

Laeli Kurniasari, ST.

Dibiayai Dinas Pendidikan

Provinsi Jawa Tengah

Tahun Anggaran 2010

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WAHID HASYIM SEMARANG
TAHUN 2010**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN TERAPAN

1. a. Judul Penelitian : Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk Menurunkan Kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*), pH, Bau dan Warna pada Limbah Cair Industri Tahu.
b. Bidang Ilmu : Teknik Kimia
c. Kategori Penelitian : Terapan Penanganan Limbah.
 2. Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap dan Gelar : Rita Dwi Ratnani, ST. M.Eng.
b. Jenis Kelamin : Perempuan
c. Golongan/Pangkat/NIP : Penata Muda/ IIIb/05.01.1.0067
d. Jabatan Fungsional : Assisten Ahli
e. Jabatan Struktural : -
f. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia
g. Pusat Penelitian : LP2M Unwahas
 3. Alamat Ketua Peneliti
a. Alamat kantor/Telp/Fax/E-mail : Jl. Menoreh Tengah X/22
Sampangan/024-8505680 (ext.160, 161)
b. Alamat rumah/Telp/Fax/E-mail : Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan
 4. Jumlah Anggota Peneliti : 2 orang
a. Nama Anggota : 1. Indah Hartati, ST.
: 2. Laeli Kurniasari, ST
 5. Lokasi Penelitian : Lab Proses Unwahas /pabrik tahu di Kodya Semarang
 6. Kerjasama dengan institusi lain
a. Nama Institusi : Laboratorium FT UGM
b. Alamat : Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta, 55283
c. Telepon/Fax/ E-mail : Ph : 0274-521673 Fax : 0274-521673
 7. Lama Penelitian : 5 bulan
 8. Biaya yang diperlukan :
a. Dinas Pendidikan Provinsi Jateng : Rp.17.500.000
b. Sumber lain, sebutkan : Rp. ---
-
- Jumlah : Rp. 17.500.000

(Tujuh Belas Juta Lima Ratus Ribu Rupiah)

Semarang, 21 Oktober 2010
Mengetahui ; Ketua Peneliti,
Dekan,

Helmy Purwanto, ST., MT Rita Dwi Ratnani, ST., M.Eng
NIP. 05.01.1.0060 NIP. 05.01.1.0067

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
Universitas Wahid Hasyim Semarang

(Tolkhatul Khoir, S.Ag., M.Ag)
NIP. : 197701202005011005

RINGKASAN

Di Indonesia banyak terdapat industri tahu mulai dari industri kecil sampai ke industri besar. Dari kegiatan industri tersebut, timbul limbah yang mengandung zat organik sangat tinggi. Kandungan zat organik dalam limbah cair tahu berpotensi mencemari lingkungan, sehingga perlu adanya pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu perlu adanya upaya untuk melakukan penanganan terhadap limbah yang timbul tersebut. Salah satu upaya awal untuk menangani hal tersebut adalah melakukan penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan eceng gondok untuk menurunkan kandungan COD, meningkatkan/ menormalkan pH, menjernihkan limbah, dan mengurangi bau yang timbul.

Penelitian ini dilakukan di pabrik pengolahan tahu Desa Cangkiran Kota Semarang. Penelitian ini memanfaatkan eceng gondok untuk menyerap limbah organik yang menyebabkan limbah cair menjadi COD tinggi, pH rendah, warna keruh dan berbau sangat menyengat. Proses penanaman dilakukan dalam bak beton dengan ukuran panjang 150 cm, lebar 145 cm, dan tinggi 120 cm. Dalam penelitian ini diamati penurunan kandungan COD, peningkatan pH, perubahan warna, dan perubahan bau yang timbul setiap hari selama 8 hari dengan menggunakan media eceng gondok.

Hasil percobaan Terjadi penurunan COD sampai ambang batas yang diperbolehkan yaitu terjadi penurunan dari 768 ppm menjadi 208 ppm dan pada ulangan yang dilakukan dari 672 ppm menjadi 160 ppm dimana sudah di bawah baku mutu berdasarkan Perda Jateng No. 10 tahun 2004. Terjadi peningkatan nilai pH. Diawal proses, pH dari limbah cair tahu adalah 4.2 dan naik sampai 7.4 demikian juga setelah diulang mulai 4.6 naik menjadi 7.3. Perubahan warna pada penelitian ini kurang memuaskan karena tidak terjadi perubahan warna tetapi hanya berubah tingkat kejernihan di awal, warna limbah cair tahu adalah kuning keruh bahkan ada busanya dan setelah diolah berwarna kuning jernih. Dalam pengamatan perubahan bau, pada hari ke 4 bau sudah berkurang. Akan beda kalau tidak diolah semakin lama maka akan semakin bau

Kata kunci : penyerapan, limbah cair tahu, eceng gondok

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Ringkasan	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	vii
Kata Pengantar	viii
BAB. I PENDAHULUAN.....	1
I. 1 Latar Belakang	1
I. 2 Perumusan Masalah.....	3
I. 3. Tujuan dan Manfaat Hasil Penelitian.....	4
BAB. II TINJAUAN PUSTAKA	5
II. 1 Limbah Cair Industri Tahu	5
II. 2 Eceng Gondok	9
BAB. III METODOLOGI PENELITIAN	14
III. 1 Bahan Penelitian.....	14
III. 2 Alat yang Digunakan.....	15
III. 3 Pelaksanaan Penelitian	16
III. 4 Diagram Alir Penelitian.....	17

BAB. IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	18
IV.1. Pengamatan COD.....	18
IV.2. Pengamatan pH	22
IV.3. Pengamatan Warna.....	26
IV.4. Pengamatan Bau.....	28
BAB. V PENUTUP	30
V.1 Kesimpulan	30
V.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Tahu “Barokah” di Semarang	14
Tabel 2. Baku Mutu Air Limbah berdasarkan Perda No. 10/ 2004.....	15
Tabel 3. Data Hasil Pengamatan COD pada limbah Cair Tahu I.....	20
Tabel 4. Data Hasil Pengamatan COD pada limbah Cair Tahu II.....	21
Tabel 5. Data Hasil Pengamatan pH pada limbah Cair Tahu I.....	23
Tabel 6. Data Hasil Pengamatan pH pada limbah Cair Tahu II.....	24
Tabel 7. Data Hasil Perubahan Warna pada limbah Cair Tahu I dan II.....	26
Tabel 8. Data Hasil Perubahan Bau pada limbah Cair Tahu I.....	29
Tabel 9. Data Hasil Perubahan Bau pada limbah Cair Tahu II.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Limbah Cair Tahu.....	7
Gambar 2. Eceng gondok.....	10
Gambar 3. Media penanaman eceng gondok	16
Gambar 4. Prosedur penelitian pada perlakuan dengan eceng gondok	17
Gambar 5. Grafik Perubahan COD setiap Hari	22
Gambar 6. Perubahan pH setiap Hari	26

KATA PENGANTAR

Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan eceng gondok untuk mengurangi tingkat pencemaran oleh limbah cair tahu di lingkungan. Pada penelitian yang pernah dilakukan di laboratorium, metode ini dapat menurunkan COD, meningkatkan pH, mengubah warna air limbah menjadi lebih jernih dan dapat mengurangi bau yang timbul dari proses peruraian bahan organik pada limbah. Penelitian terapan ini dilakukan di lokasi pembuatan tahu/pabrik tahu mencoba menerapkan metode ini di salah satu pabrik tahu di kota Semarang .

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada Dinas Pendidikan Propinsi Jawa Tengah yang telah mendanai proyek penelitian ini. Rektor, PR, dan Dekan yang telah memberikan dukungan terhadap keberhasilan penelitian ini, Sekretaris LPM Universitas Wahid Hayim Semarang yang telah memfasilitasi segala keperluan dalam pengiriman proposal dan segala bentuk pengurusan administratif dalam penelitian ini.

Ucapan terima kasih penyusun sampaikan pula kepada Bapak Sajimin selaku pemilik usaha /pabrik tahu yang telah digunakan dalam penelitian ini. Tidak lupa pula penyusun sampaikan kepada bapak sudarmanto yang telah membantu teknik penyelesaian instalasi pengolahan limbah. Ucapan terima kasih tidak lupa penyusun sampaikan kepada suamiku (Zuhdi Nurrahmanto) dan anakku (Maulida Salsabila Nurrita) atas do'a , pengertian dan dukungannya.

BAB I

PENDAHULUAN

1. LATAR BELAKANG MASALAH

Industri tahu banyak terdapat di Indonesia. Lokasi industri tahu kebanyakan menyatu dengan pemukiman penduduk, sehingga muncul permasalahan dengan warga sekitar. Industri tahu menghasilkan limbah cair yang dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan. Pencemaran akibat limbah cair tahu dapat berupa: oksigen terlarut rendah, air menjadi kotor, dan bau yang menyengat. Menurut Jenie (1995), limbah cair tahu mengandung zat organik yang dapat menyebabkan pesatnya pertumbuhan mikroba dalam air. Hal tersebut akan mengakibatkan kadar oksigen dalam air menurun tajam. Limbah cair tahu mengandung zat tersuspensi, sehingga mengakibatkan air menjadi kotor/keruh.

Bahan baku tahu adalah kedelai, asam cuka, dan air. Kandungan protein dalam kedelai dan asam cuka yang ditambahkan dalam proses pembuatan tahu akan menyebabkan limbah cair tahu mengeluarkan bau yang tidak diinginkan. Bau busuk pada limbah cair tahu disebabkan adanya pemecahan protein yang mengandung sulfur tinggi oleh mikroba alam. Nurtiyani (2000) menyebutkan beberapa dampak dari pencemaran yang diakibatkan oleh adanya industri tahu yaitu: berupa gangguan kehidupan biotik, gangguan kesehatan, gangguan keindahan, serta merusak benda.

Eceng gondok merupakan gulma di air karena pertumbuhannya yang begitu cepat. Karena pertumbuhan yang cepat, maka eceng gondok dapat menutupi permukaan air dan menimbulkan masalah pada lingkungan. Selain merugikan karena cepat menutupi permukaan air, eceng gondok ternyata juga bermanfaat karena mampu menyerap zat organik, anorganik serta logam berat lain yang merupakan bahan pencemar. Lumpur aktif juga dapat digunakan untuk mendegradasi zat organik yang terdapat dalam limbah cair tahu. Pada sistem ini,

mikroorganisme akan menguraikan zat organik, sehingga kandungan zat organik dalam limbah cair tahu dapat dikurangi (Widajanti, 2007).

Industri tahu merupakan industri rumah tangga dengan modal kecil, sehingga untuk mengolah limbah biasanya pengusaha terbentur oleh biaya yang harus dikeluarkan (Nurtiyani, 2000). Biaya pengolahan limbah pada umumnya sangat besar, jadi tidak terjangkau oleh industri rumah tangga. Ditinjau dari permasalahan di atas, maka penelitian ini akan mencoba untuk mengolah limbah dari industri tahu dengan cara sederhana, murah, dan mudah. Pada penelitian ini, limbah dari industri tahu terutama limbah cairnya akan diolah dengan menggunakan eceng gondok dan lumpur aktif secara bersama-sama.

Penelitian mengenai pengolahan limbah cair tahu secara biologi telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Anif (1991) pernah meneliti mengenai karakteristik limbah cair tahu, identifikasi masalah, dan upaya penanganannya di kelurahan Mojosongo, Kotamadya daerah tingkat II Surakarta. Metode yang digunakan yaitu metode survei dan penelitian di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik limbah cair tahu di lokasi industri tahu bersifat sebagai pencemar yang ditunjukkan dengan timbulnya bau busuk dan pH rendah. Parameter yang lain seperti temperatur, TSS, NH_3 , NO_3 , SO_4 , dan BOD sebelum diolah tinggi dan mengalami penurunan setelah dilakukan pengolahan secara fisika dan biologi.

Penelitian dengan tujuan untuk mengetahui penurunan BOD, COD, PO_4 dan NH_3 dalam limbah cair tahu pernah dilakukan oleh Fahri (2002). Pada penelitian ini limbah cair tahu diolah dengan RBC lokal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair tahu setelah dilakukan pengolahan, mengalami penurunan pada variasi waktu tinggal yang berbeda. Berdasarkan uji statistik penurunan terbesar terjadi pada variasi waktu tinggal 6 jam rerata penurunan BOD 89%, COD 89%, PO_4 85%, dan NH_3 25%.

Said dan Herlambang (2006) merancang sistem pengolahan limbah tahu dan tempe dengan proses biofilter anaerob dan aerob. Pengolahan limbah cair tahu dengan proses biofilter anaerob dan aerob, dapat menurunkan konsentrasi COD. Dari analisis kualitas air limbah tahu sebelum dan sesudah pengolahan,

sistem tersebut dapat menurunkan konsentrasi BOD dari 585 mg/L menjadi 62 mg/L, COD turun dari 1252 mg /L menjadi 148 mg/L, dan padatan tersuspensi turun dari 429 mg/L menjadi 26 mg/L. Dengan kombinasi proses biofilter anaerob–aerob didapatkan efisiensi penurunan BOD 89,4%, COD 88,2% dan SS 94%.

Instalasi pengolahan limbah cair tahu; studi kasus pabrik tahu di Desa Tempelsari Kecamatan Kalikajar Kabupaten Wonosobo juga pernah dirancang oleh Purnama (2007). Hasil penelitian menunjukkan bahwa IPAL tersebut dapat menurunkan BOD dari 1250 mg /L menjadi 129 mg/L, COD dari 3440 mg /L menjadi 240 mg/L, dan TSS dari 383 mg /L menjadi 36 mg/L. Limbah cair tahu setelah diolah sudah memenuhi standart baku mutu limbah cair tahu. Pelaksanaan pra-rancangan IPAL di pabrik tahu dimulai dengan mengetahui karakteristik limbahnya, menghitung debit air limbah yang dihasilkan, menentukan desain unit–unit pengolah limbah, menghitung dimensi unit pengolah limbah, dan menghitung anggarannya.

2. PERUMUSAN MASALAH

Dari permasalahan diatas, permasalahan limbah cair tahu perlu untuk segera diselesaikan agar lingkungan tidak tercemar. Lingkungan perairan sangat perlu untuk dilindungi karena air berperan sangat besar dalam kehidupan manusia. Parameter untuk mengamati tingkat pencemaran lingkungan air adalah kandungan COD, pH, Bau, dan Warna dalam air. Apabila COD dalam air tinggi atau lebih dari 300 ppm , maka lingkungan air tersebut dapat dikatakan tercemar. pH atau tingkat keasaman dalam suatu media, jadi apabila bersifat asam atau basa maka lingkungan air juga dapat dikatakan tercemar. Bau dan warna juga merupakan parameter pencemaran, apabila berbau dan berwarna maka air dikatakan tercemar, karena air yang tidak tercemar tidak berbau dan berwarna. Permasalahan mengenai eceng gondok yang tumbuh sangat subur di perairan juga merupakan suatu masalah bagi lingkungan. Dalam penelitian ini eceng gondok akan digunakan untuk mengolah limbah cair industry tahu, jadi diharapkan dalam penelitian ini dapat mengatasi eceng gondok dan limbah cair tahu yang mengganggu

perairan. Harapan penelitian ini adalah memanfaatkan eceng gondok untuk mengolah limbah sehingga kedua hal yang menimbulkan pencemaran untuk menyelesaikan masalah.

3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui penurunan COD, pH, bau, dan warna limbah cair industry tahu sebelum dibuang ke lingkungan
2. Memanfaatkan eceng gondok yang selama ini dianggap mencemari lingkungan untuk mengolah limbah sehingga mengurangi pencemaran.
3. Mengatasi permasalahan perairan di Kota Semarang yang banyak eceng gondoknya.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat :

1. Mengatasi permasalahan lingkungan di Kota Semarang yang diakibatkan oleh eceng gondok dan limbah cair tahu.
2. Memberikan pemecahan masalah bagi pengusaha industri kecil tahu dengan metode yang murah dan mudah.
3. Memberikan sumbangan bagi ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang pengolahan limbah
4. Bagi instansi Pemerintah, dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam menyusun strategi kebijaksanaan pengembangan industri yang dikaitkan dengan upaya kelestarian lingkungan.
5. Membantu pemerintah untuk mencari metode untuk menyelesaikan masalah adanya eceng gondok yang memang sangat bermasalah di daerah Kota Semarang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1. Limbah Cair Industri Tahu

Tahu merupakan salah satu jenis makanan yang dibuat dari kedelai. Cara membuat tahu dengan jalan memekatkan protein kedelai dan mencetaknya melalui proses pengendapan protein dengan atau tanpa penambahan unsur-unsur lain yang diijinkan. Ditinjau dari segi kesehatan, tahu merupakan makanan yang sangat menyehatkan dan memiliki kandungan zat yang sangat diperlukan untuk memperbaiki gizi masyarakat (Suprapti, 2005; Bahri, 2006).

Menurut Mahmud (1990) bahan baku tahu adalah kedelai yang tersusun dari komponen-komponen yang berupa: protein berkisar 40-60%, karbohidrat berkisar 25-50%, lemak berkisar 8-12%, dan sisanya berupa kalsium, besi, fosfor, dan vitamin. Protein merupakan komponen yang dominan di dalam tahu. Protein adalah senyawa organik yang mengandung atom karbon, hidrogen, oksida, dan nitrogen. Suprapti (2005) menyebutkan bahwa berdasarkan Standar Industri Indonesia (SII) No.0270-80 persyaratan standar kualitas tahu adalah mengandung protein minimal 9%, abu maksimal 1%, serat kasar maksimal 0,1%, tidak mengandung logam berbahaya, bau dan rasa khas tahu, tidak berjamur dan tidak mengandung bakteri Coli.

Dalam Kristanto (2004) dikatakan bahwa, limbah atau polutan adalah sisa atau bahan buangan dari suatu usaha/kegiatan. Jadi limbah industri adalah hasil buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomi. Limbah yang dihasilkan oleh industri tahu ada beberapa jenis, yaitu berupa limbah padat kering, limbah padat basah, dan limbah cair. Limbah padat kering dan padat basah tidak menjadi masalah karena bisa dimanfaatkan. Limbah padat keringnya dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak sedangkan limbah padat basahnya dapat dimanfaatkan untuk bahan pembuatan tepung kedelai, bahan pengembang roti, bahan pembuatan tempe gembus, kecap, dan pigmen merah (Jenie, 1995). Limbah cair tahu dalam kondisi baru tidak menimbulkan bau dan baru berbau setelah 12 jam kemudian.

Limbah cair tahu masih dapat dimanfaatkan untuk beberapa keperluan misalnya: bahan penggumpal tahu untuk periode berikutnya, bahan minuman ternak, bahan pupuk tanaman, bahan campuran pakan lele, bahan pembuatan nata de soya, asam cuka, dan lahan penanaman eceng gondok (Suprapti, 2005).

Limbah cair tahu berasal dari proses pembuatan, proses penyaringan, proses penekanan, pencucian kedelai, pencucian peralatan, pencucian lantai, dan air bekas rendaman kedelai. Limbah cair tahu mengandung zat padat tersuspensi misalnya potongan tahu yang hancur pada saat pemrosesan karena kurang sempurna pada saat penggumpalan. Limbah cair tahu pada umumnya mengandung kadar protein yang tinggi. Limbah cair industri tahu berupa cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut air dadih (Suprapti, 2005; Damayanti, 2004).

Limbah cair tahu mengandung senyawa organik yang tinggi dan sedikit mengandung senyawa anorganik. Pada Gambar 1 dapat dilihat Limbah Cair Tahu. Ketika limbah cair tahu dibuang ke sungai, maka akan terjadi peruraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses peruraian bahan organik oleh mikroorganisme aerob memerlukan oksigen dalam jumlah besar untuk memperoleh energi. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Penurunan yang melewati ambang batas akan mengakibatkan kematian biota air lain akibat kekurangan oksigen. Ketika oksigen terlarut tidak tersedia lagi, peruraian zat organik dilakukan oleh mikroorganisme anaerob yang mengeluarkan gas asam sulfida (H_2S) dan gas metana (CH_4) yang berbau seperti telur busuk. Tingginya konsentrasi zat organik dalam limbah cair tahu termasuk kandungan amoniak akan menyebabkan terjadi penurunan kandungan oksigen dalam air sehingga kebutuhan oksigen biologi dan kebutuhan oksigen kimia dalam perairan tinggi (Khiatudin, 2003; Murdjito, 1995).



Gambar 1. Limbah Cair Industri Tahu

Khiatuddin (2003) menyebutkan beberapa metoda yang sering dipakai untuk mengukur besarnya pencemaran bahan organik terhadap lingkungan air adalah mengukur *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Dissolved Oxygen* (DO). Limbah cair industri tahu mempunyai BOD, COD cukup tinggi dan DO sangat rendah.

Ciri-ciri limbah cair tahu adalah sebagai berikut: limbah cair tahu pada umumnya berada pada kondisi temperatur tinggi. Hal ini disebabkan karena dalam proses pembuatan tahu selalu pada kondisi panas, baik pada saat penggumpalan atau pada saat penyaringan yaitu pada suhu 60–80°C. Pencucian dengan menggunakan air dingin selama proses berjalan tidak mampu menurunkan suhu limbah cair tersebut. Limbah cair tahu berwarna kuning muda dan disertai adanya suspensi berwarna putih (Purnama, 2007; Yulianti, 2001).

Bau busuk pada air buangan industri tahu disebabkan adanya proses pemecahan protein yang mengandung sulfur atau sulfat tinggi oleh mikroba alam. Padatan yang terlarut dan tersuspensi dalam air limbah pabrik tahu menyebabkan air keruh. Zat yang menyebabkan air keruh adalah zat organik atau zat-zat tersuspensi dari tahu atau kedelai yang tercecceh sehingga air limbah berubah menjadi seperti emulsi keruh.

Menurut purnama (2007), BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme di dalam badan air untuk memecah (mendegradasi) bahan organik yang ada di dalam badan air tersebut. Kandungan BOD pada limbah tahu berkisar di antara 5000–10000 mg/L. COD adalah jumlah oksigen yang

diperlukan agar senyawa organik dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Kadar COD ada pada kisaran 7000–12000 mg/L.

Kadar DO antara 5–7 ppm menunjukkan bahwa perairan tersebut dalam keadaan baik, sedangkan DO lebih kecil dari 4 ppm menunjukkan bahwa perairan tersebut kelebihan bahan–bahan organik, artinya perairan tersebut mengalami pencemaran yang cukup berat. Kadar DO pada limbah cair industri tahu adalah di bawah 4 ppm bahkan bisa mencapai 0 ppm. Limbah cair industri tahu mempunyai nilai pH sebesar 4,5–5. Kisaran pH yang dapat ditoleransi tanaman air dan mikroorganisme adalah antara 5–9, jadi jika tidak diolah terlebih dahulu akan mencemari lingkungan (Algadrie, 2002).

Pengolahan limbah cair tahu dilakukan untuk memenuhi standar air limbah sesuai ketentuan yang dikeluarkan oleh Pemerintah. Oleh karena itu sebelum limbah cair dibuang ke sungai perlu diadakan pengolahan terlebih dahulu. Limbah industri yang dibuang langsung ke badan air tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu, dapat menimbulkan gangguan kesehatan dan dapat menimbulkan berubahnya tatanan ekosistem air yang dibuktikan dengan matinya organisme air. Oleh karena itu, untuk mengatasi berbagai persoalan tersebut sebelum limbah dibuang ke perairan perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu dengan cara–cara yang efektif sehingga dapat menurunkan daya cemar tersebut baik dengan cara fisika, kimia, atau biologi (Setiadi dan Dewi, 2003).

Pramudyanto (1991) dan Antara (1993) menyebutkan secara umum, limbah cair tahu yang mengandung polutan bahan organik dapat diolah dengan cara: fisika, kimia, atau biologi. Cara fisika biasanya dilakukan pada awal penanganan, misalnya limbah cair tahu pada tahap awal dilakukan penyaringan. Saringan dapat bertahap dari saringan kasar sampai saringan halus, selain itu juga dilakukan pengendapan dengan memperlambat aliran buangan sehingga benda-benda padat dan berat dapat tinggal dalam bak pengendap. Cara kimia adalah penanganan air buangan dengan menggunakan bahan kimia misalnya: netralisasi, penggumpalan, penyerapan, klorinasi, dan ozonisasi. Cara biologi bertujuan untuk menghilangkan bahan organik dengan penguraian hayati, mengubah menjadi gas dan massa. Junaidi (2006) mengatakan bahwa keberhasilan pengolahan limbah secara biologi

tergantung dari aktifitas mikroorganisme di dalamnya. Karena itu diperlukan perlakuan khusus yang mampu menjaga keseimbangan pertumbuhan mikroorganisme.

Seluruh proses di atas bertujuan untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi, koloid dan bahan-bahan organik maupun anorganik. Dalam prakteknya, tidak semua proses itu harus dilakukan. Penentuan jenis proses yang akan diambil sangat tergantung dengan karakteristik limbahnya, serta berbagai faktor lainnya (Siregar, 2005).

2. *Eichornia Crassipes* (Eceng Gondok)

Gerbano (2005) menyebutkan, eceng gondok termasuk *famili Pontederiaceae*. Tanaman ini hidup di daerah tropis maupun subtropis. Eceng gondok digolongkan sebagai gulma perairan yang mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan dan berkembang biak secara cepat. Tempat tumbuh yang ideal bagi tanaman eceng gondok adalah perairan yang dangkal dan berair keruh, dengan suhu berkisar antara 28-30°C dan kondisi pH berkisar 4-12. Di perairan yang dalam dan berair jernih di dataran tinggi, tanaman ini sulit tumbuh. Eceng gondok mampu menghisap air dan menguapkannya ke udara melalui proses evaporasi.

Daun eceng gondok berbentuk bulat telur, berwarna hijau segar, dan mengkilap. Di perairan yang mengandung nitrogen tinggi, eceng gondok memiliki daun yang relatif lebar dan berwarna hijau tua. Sebaliknya di perairan yang mengandung nitrogen rendah, eceng gondok memiliki daun yang relatif kecil dan berwarna kekuning-kuningan, karena pertumbuhan eceng gondok tergantung dari nutrisi yang tersedia dan cahaya matahari untuk fotosintesis (Ripley, 2006). Tangkai daun memanjang, berbentuk silindris, dengan diameter 1-2 cm. Tangkai ini mengandung air yang dibalut serat yang kuat dan lentur. Akar tanaman ini mampu menetralkan air yang tercemar limbah sehingga seringkali dimanfaatkan untuk penanganan limbah industri.

Bunga eceng gondok berwarna ungu muda (lila) dan banyak dimanfaatkan sebagai bunga potong. Pada Gambar 2 dapat dilihat gambar eceng gondok (Hidayat, 1993).



Gambar 2. Eceng gondok

Eceng gondok yang berkembang di Indonesia berasal dari Amerika Selatan (Brazil). Tanaman ini didatangkan tahun 1894 sebagai koleksi di Kebun Raya Bogor. Pada umumnya eceng gondok tumbuh mengapung di atas permukaan air dan lahan-lahan basah atau di antara tanaman-tanaman pertanian yang dibudidayakan di lahan basah. Tanaman ini banyak dijumpai di daerah rendah di pinggiran sawah, danau, waduk, rawa, dan di kawasan industri di pinggir sungai dari hulu sampai hilir (Gerbono, 2005; Thayagajaran, 1984).

Eceng gondok memiliki keunggulan dalam kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari. 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. Keunggulan lain dari eceng gondok adalah dapat menyerap senyawa nitrogen dan fosfor dari air yang tercemar, berpotensi untuk digunakan sebagai komponen utama pembersih air limbah dari berbagai industri dan rumah tangga. Karena kemampuannya yang besar, tanaman ini diteliti oleh NASA untuk digunakan sebagai tanaman pembersih air di pesawat ruang angkasa (Little, 1979; Thayagajaran, 1984). Menurut Zimmel (2006) dan Tripathi (1990) eceng gondok juga dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi COD dari air limbah.

Menurut Widyaningsih (2007), struktur anatomi eceng gondok terdiri dari struktur batang, struktur daun dan struktur akar. Batang tanaman eceng gondok (*petiola*) yang berbentuk bulat menggebu, di dalamnya penuh dengan ruang-ruang udara yang berfungsi untuk mengapung di atas permukaan air. Lapisan terluar dari *petiola* adalah *epidermis*. Lapisan epidermis pada eceng gondok tidak

berfungsi sebagai alat perlindungan jaringan, tetapi berfungsi untuk mengabsorpsi gas-gas dan zat-zat makanan secara langsung dari air. Jaringan di sebelah dalam banyak terdapat jaringan pengangkut yang terdiri dari *xylem* dan *floem*, dengan letak yang tersebar merata di dalam *parenkim*.

Menurut ratnani pada tahun 2008 dalam meneliti mengenai kemampuan eceng gondok untuk mengolah limbah cair tahu didapatkan kesimpulan bahwa eceng gondok dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tahu. Dalam penelitian tersebut eceng gondok juga dapat meningkatkan pertumbuhan eceng gondok.

Eceng gondok mempunyai daun yang berbentuk bulat telur, ujungnya tumpul dan hampir bulat. Tulang daun membengkok dengan ukuran 7-25 cm dan di permukaan sebelah atas daun banyak dijumpai stomata. Eceng gondok mempunyai akar serabut. Akar eceng gondok dapat mengumpulkan lumpur. Lumpur akan melekat di antara bulu-bulu akar. Di belakang tudung akar (*kaliptra*) akan terbentuk sel-sel baru untuk jaringan akar baru (*meristem*).

Syarat pertumbuhan yang optimum bagi eceng gondok adalah air yang dangkal, ruang tumbuh luas, air tenang, cukup cahaya matahari, suhu antara 20-30°C, cukup unsur hara, dan pH antara 7-7,5. Eceng gondok memanfaatkan kedalaman air secara terbatas yakni antara 2-3 meter. Namun di daerah tropis ada kemungkinan sampai sedalam 5 meter. Hal ini disebabkan penetrasi cahaya matahari hanya akan terjadi pada kedalaman 2-3 meter atau paling banyak 5 meter di bawah permukaan air. Kedalaman air tidak mempengaruhi produksi biji eceng gondok tetapi mempengaruhi perkecambahan biji. Prosentase perkecambahan biji eceng gondok yang ditanam beberapa sentimeter di dalam lumpur menjadi menurun jika dibandingkan dengan yang diletakkan di permukaan lumpur.

Ketenangan air merupakan faktor yang sangat penting untuk memungkinkan pertumbuhan massal dari eceng gondok. Keadaan air yang bergolak karena mengalir atau bergelombang karena angin dapat menghambat pertumbuhan eceng gondok. Eceng gondok sangat memerlukan cahaya matahari yang cukup dan suhu optimum 25-30°C. Hal ini dapat dipenuhi dengan baik oleh iklim tropis, kecuali di rawa-rawa yang terlindung oleh hutan. Perkecambahan biji

eceng gondok sangat dipengaruhi oleh cahaya. Dalam keadaan gelap, biji eceng gondok tidak dapat berkecambah.

Eceng gondok merupakan tumbuhan yang sangat toleran terhadap kadar unsur hara yang rendah dalam air, tetapi respon terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga sangat besar. Pertumbuhan eceng gondok dipengaruhi oleh pH. Pada pH sekitar 7,0-7,5, eceng gondok mempunyai pertumbuhan yang lebih baik. Pada pH di bawah 4,2 dapat meracuni pertumbuhan eceng gondok, sehingga eceng gondok mati.

Eceng gondok dapat dimanfaatkan untuk proses pemulihan lingkungan. Pemanfaatan tumbuhan dalam aktivitas kehidupan manusia untuk proses pemulihan lingkungan yang tercemar dengan menggunakan tumbuhan telah dikenal luas dengan istilah fitoremediasi (*phytoremediation*). Proses dalam sistem ini berlangsung secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/pencemar yang berada di sekitarnya. Menurut Mangkoedihardjo (2005) keenam tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Phytoaccumulation (phytoextraction)* yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan. Proses ini disebut juga *hyperaccumulation*.
2. *Rhizofiltration (rhizo=akar)* adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar dengan cara menempel pada akar. Proses ini telah dibuktikan dengan percobaan menanam bunga matahari pada kolam mengandung zat radio aktif di Chernobyl, Ukraina.
3. *Phytostabilization* yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
4. *Rhizodegradation* yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri.

5. *Phytodegradation (phytotransformation)* yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi molekul yang sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri.
6. *Phytovolatilization* yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diupkan ke atmosfer. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200-1000 liter per hari untuk setiap batang.

Mekanisme Penyerapan Limbah Organik. Metode penurunan atau penghilangan substansi toksis dalam air limbah dengan media tanaman lebih dikenal dengan istilah fitoremediasi. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tanaman untuk mengekstraksi, menghilangkan, dan mendetoksifikasi polutan dari lingkungan. Eceng gondok dapat menyerap zat organik melalui ujung akar. Zat-zat organik yang terserap akan masuk ke dalam batang melalui pembuluh pengangkut kemudian menyebar ke seluruh bagian tanaman eceng gondok. Pada proses ini zat organik akan mengalami reaksi biologi dan terakumulasi di dalam batang tanaman, kemudian diteruskan ke daun (Sriyana, 2006).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Rencananya penelitian ini adalah mencoba merancang dan membuat instalasi pengolahan limbah cair tahu. Hasil pengolahan di harapkan akan dapat langsung di buang ke sungai. Adapun bahan dan perlatan yang dibutuhkan adalah:

3.1 .Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah limbah cair tahu yang diambil dari pabrik tahu “Barokah” di Semarang. Tanaman eceng gondok diambil dari sungai sungai di sekitar kampus Unwahas, kemudian dibersihkan dari kotoran dan tanah yang menempel pada akarnya. Jumlah eceng gondok awal yang digunakan pada masing-masing perlakuan adalah 1.8 kg berat kering tiris. Eceng gondok yang digunakan memiliki spesifikasi jumlah daun antara 6-10 lembar, jumlah batang antara 9-15 batang, panjang daun 10-15 cm, lebar daun 8-10 cm dan tinggi tanaman 40-50 cm. Bahan–bahan kimia untuk analisis COD berupa asam sulfat, kalium dikromat, perak sulfat, mercury sulfat, ferro amonium sulfat, dan indikator ferroin dibeli dari CV. General Labora Yogyakarta.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ratnani, 2008, karakteristik limbah cair tahu dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Tahu “Barokah” di Semarang.

No	Parameter	Hasil Analisis
1	pH	4,26
2	DO	4,5 ppm
3	COD	11628 ppm
4	Air	99,162 %
5	Abu	0.139 %
6	Karbohidrat	0.294%
7	Protein	0,155 %
8	Lemak	0,058 %
9	Serat kasar	0.191 %
10	Temperatur	45 °C
11	Warna	Kuning keruh
12	Bau	Berbau sangat menyengat

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa kandungan bahan organik (COD) dalam limbah tahu sangat tinggi. Konsentrasi limbah cair tahu pada kondisi tersebut sudah berada di atas ambang batas yang diperbolehkan. Hal ini sangat bertentangan dengan baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri (Kep/MENLH/10/1995), bahwa parameter COD golongan baku mutu limbah cair golongan I adalah 100 ppm dan golongan baku mutu limbah cair golongan II adalah 300 ppm. Sementara untuk Perda Propinsi Jawa Tengah no.10 tahun 2004 tentang baku mutu air limbah, kandungan COD maksimum dalam air limbah adalah sebesar 275 ppm. Sedangkan menurut PERDA JATENG No. 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah. Pada Tabel 2 dapat dilihat Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu dan Tempe

NO	PARAMETER	INDUSTRI TAHU		INDUSTRI TEMPE	
		KADAR MAKSIMUM (mg/L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ton)	KADAR MAKSIMUM (mg/L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ton)
1.	Temperatur	38 °C	-	38°C	-
2.	BOD ₅	150	3	150	1,5
3.	COD	275	5,5	275	2,75
4.	TSS	100	2	100	1
5.	pH	6,0-9,0		6,0-9,0	
6.	Debit Maksimum	20 m ³ /ton kedelai		10 m ³ /ton kedelai	

Catatan :

- a. Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per liter air limbah.
- b. Beban pencemaran maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam kilogram parameter per ton kedelai.

Tabel 2. Baku Mutu Air Limbah berdasarkan Perda No. 10/ 2004

3.1.2 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan adalah bak yang dibuat dari tembok/batu bata dengan ukuran panjang 150 cm, lebar 145 cm, dan tinggi 120 cm. Bak tersebut dilengkapi pompa pengaduk yang mampu mengaduk seperti yang terlihat pada Gambar 3. Metode yang digunakan untuk pengamatan adalah COD adalah Refluks Terbuka , sedangkan untuk mengamati pH digunakan alat pH meter. Untuk mengamati Bau dan Warna digunakan panca indera Penciuman dan Penglihatan.



Gambar 3. Media penanaman eceng gondok

3.1.2 Pelaksanaan Penelitian

3.1.2.1. Aklimatisasi dan Uji Pendahuluan

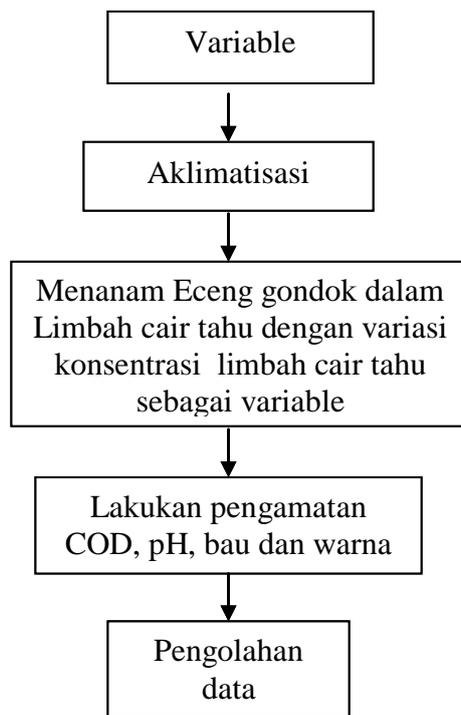
Aklimatisasi adalah penyesuaian tumbuhan terhadap iklim atau suhu pada lingkungan yang baru dimasuki. Aklimatisasi dilakukan dengan cara menanam eceng gondok pada air bersih selama satu minggu. Uji pendahuluan dimaksudkan untuk mengetahui konsentrasi maksimum yang dapat digunakan untuk menanam eceng gondok. Pada uji pendahuluan, eceng gondok ditanam pada beberapa ember yang berbeda konsentrasi COD dan diamati pertumbuhannya selama satu minggu.

3.1.2.1. Pelaksanaan Penelitian Utama

Pelaksanaan penelitian utama secara urut dapat dijelaskan sebagai berikut: tanaman eceng gondok dibersihkan dari kotoran dan tanah yang ada pada akarnya, kemudian diaklimatisasi selama satu minggu. Tahap berikutnya adalah mengisi bak dengan limbah cair tahu pada berbagai variasi konsentrasi COD berdasarkan uji pendahuluan. Sebelum dimasukkan kedalam bak, eceng gondok ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui massa awal dari eceng gondok. Selanjutnya tanaman eceng gondok ditanam dalam limbah cair tahu. Limbah cair tahu yang telah ditanami eceng gondok dan diaduk dengan pompa, diamati perubahan ketinggian air, COD, derajat keasaman (pH), warna dan bau setiap hari selama 8 hari (Novitasari, 2004). Setelah 8 hari pengamatan, eceng gondok ditimbang untuk mengetahui massa akhir eceng gondok.

3.1.2.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 4 adalah prosedur penelitian proses penyerapan limbah organik dengan menggunakan eceng gondok.



Gambar 4. Prosedur penelitian pada perlakuan dengan eceng gondok

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV. 1. Pengamatan COD

Penelitian terapan dilakukan untuk mengolah limbah cair tahu pada CV Barokah, di Kota Semarang dengan menggunakan eceng gondok. Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal 01 Juli sampai dengan 7 September 2010. Penelitian ini dilakukan pada kondisi konsentrasi dibawah (kurang dari) 1163 ppm. Karena pada konsentrasi ± 1000 ppm eceng gondok tidak dapat bertahan hidup atau layu (mati), sehingga penelitian ini dilakukan pada konsentrasi di bawah 1000 ppm yaitu pada konsentrasi awal limbah cair tahu 768 ppm dan 672 ppm, dimana eceng gondok dapat tumbuh dengan subur. Pertumbuhan eceng gondok dapat dilihat pada Tabel 3. Pada gambar menunjukkan bahwa eceng gondok dapat memanfaatkan zat organik yang terdapat dalam limbah cair tahu dengan cara menyerap zat organik yang terdapat pada limbah cair tahu untuk makanan sehingga eceng gondok tumbuh subur.

Menurut Fardiaz, 1992 untuk mengetahui jumlah zat organik yang terdapat dalam limbah cair/air limbah dapat dilakukan dua uji yaitu COD (Chemical Oxygen Demand) dan BOD (Biological Oxigen Demand), dimana untuk pengujian COD lebih cepat dibandingkan uji BOD. Uji COD yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan, misalnya kalium dikromat, untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam air limbah. Uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi daripada uji BOD karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. Sembilan puluh enam persen hasil uji COD yang dilakukan selama 10 menit kira-kira setara dengan hasil uji BOD selama 5 Hari. Untuk mempercepat proses pengujian, maka pada penelitian ini dilakukan pengujian COD.

Konsentrasi COD dalam limbah cair tahu yang diolah dengan cara ditanami eceng gondok mengalami penurunan sampai di bawah baku mutu limbah cair sampai 2 kali ulangan, yaitu kurang dari 275 ppm dan pada pengamatan ulangan konsentrasi dapat berkurang hingga 160 ppm. Konsentrasi

COD turun artinya kualitas air menjadi lebih baik. Pada Tabel 3. Dapat dilihat data hasil pengamatan COD pada limbah cair tahu selama 14 hari. Konsentrasi COD dapat turun kemungkinan terjadi karena adanya proses *absorpsi* oleh eceng gondok.

Minyak dan lemak yang mencemari air sering dimasukkan kedalam kelompok padatan. Yaitu padatan yang mengapung di atas permukaan air. Minyak yang terdapat di dalam air dapat berasal dari berbagai sumber, diantaranya adalah limbah cair industri tahu. Minyak tidak larut dalam air, oleh karena itu jika air tercemar oleh minyak maka minyak tersebut akan tetap mengapung kecuali jika terdampar di tanah di sekeliling bak atau di sekeliling bak. Akibat minyak yang mengapung akan menyebabkan tanaman eceng gondok tidak begitu cepat pertumbuhannya sehingga diharapkan dengan metode ini akan mengurangi jumlah pertumbuhan eceng gondok yang apabila tumbuh di air yang tidak mengandung lemak akan sangat subur sehingga akan mengganggu ekosistem air.

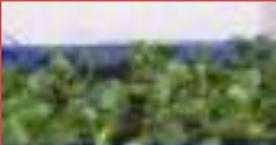
Harapan dari penelitian ada dua yaitu mengurangi pencemaran yang diakibatkan oleh adanya pertumbuhan eceng gondok yang tinggi dan menurunkan kandungan COD limbah cair tahu oleh eceng gondok. Jadi dalam satu kegiatan akan menyelesaikan dua masalah sekaligus. Dalam pengamatan ini, timbul pemikiran untuk mengurangi jumlah minyak yang ada sebelum diolah dengan eceng gondok. Karena minyak yang berbentuk padat dan mengapung di atas permukaan air kalau terlalu banyak akan menghalangi eceng gondok menyentuh air. Sehingga akar eceng gondok tidak dapat mendapatkan jumlah air cukup.

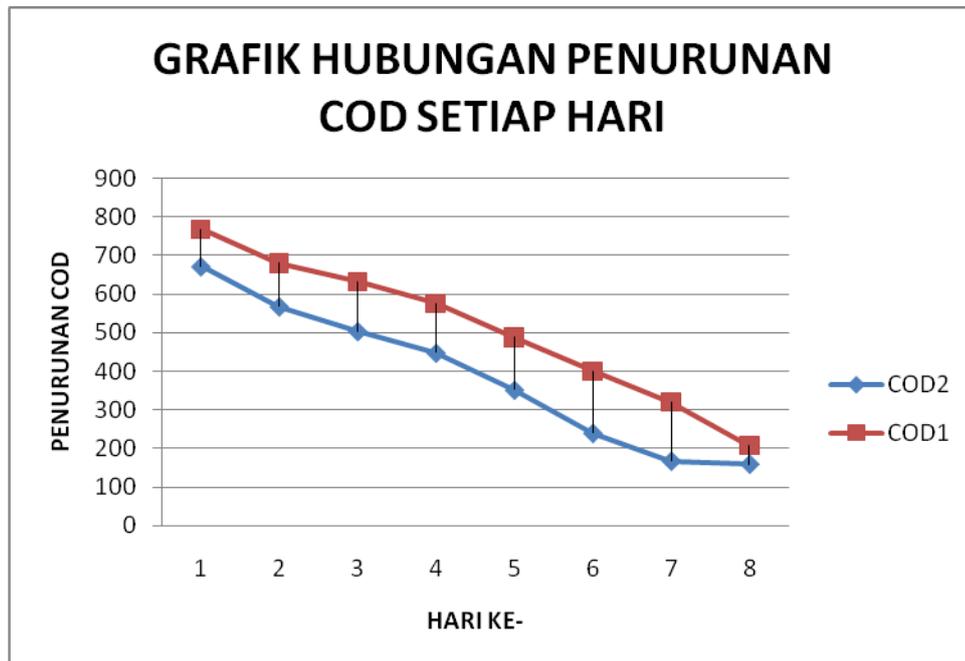
Pencemaran air yang diakibatkan oleh minyak sangat merugikan karena dapat menimbulkan hal-hal sebagai berikut: Menyebabkan penetrasi sinar kedalam air berkurang, konsentrasi oksigen terlarut menurun dengan adanya minyak karena lapisan film minyak menghambat pengambilan oksigen dalam air, adanya lapisan minyak juga akan mengganggu kehidupan burung air atau hewan air dan tanaman air.

Tabel 3. Data Hasil Pengamatan Kandungan Chemical Oxygen Demand pada limbah Cair Tahu dibandingkan dengan Peraturan Daerah no 10 tahun 2004 Mengenai standar baku mutu air limbah yang boleh dibuang ke Lingkungan pertama

No	Hari ke-	COD awal (ppm)	COD akhir (ppm)	Baku mutu, (ppm)	Gambar
1	0	768		275	
2	1		680		
3	2		632		
4	3		576		
5	4		488		
6	5		400		
7	6		320		
8	7		208		

Tabel 4. Data Hasil Pengamatan Kandungan Chemical Oxygen Demand pada limbah Cair Tahu dibandingkan dengan peraturan dari Daerah Mengenai standar baku mutu air limbah yang boleh dibuang ke Lingkungan kedua

No	Hari ke-	COD awal (ppm)	COD akhir (ppm)	Baku mutu, (ppm)	Gambar
1	0	672		275	
2	1		568		
3	2		504		
4	3		448		
5	4		352		
6	5		240		
7	6		168		
8	7		160		



Gambar 5 Grafik Perubahan COD setiap hari

Gambar 5 menunjukkan penurunan konsentrasi zat organik pada perlakuan dengan menggunakan eceng gondok. Hal ini menunjukkan bahwa sudah terjadi perbaikan kualitas limbah cair tahu dengan menggunakan eceng gondok. Penurunan konsentrasi zat organik oleh perlakuan dengan eceng gondok setiap hari menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair tahu yang mempunyai konsentrasi COD tinggi bisa diolah dengan eceng gondok. Hal ini membuktikan bahwa eceng gondok adalah merupakan tanaman yang bermanfaat untuk mereduksi limbah (Zimmel, 2000; Tripathi, 1990).

IV. 2. Pengamatan pH

Demikian juga pH, dari hasil pengamatan, pH dari limbah cair tahu sangat rendah yaitu berkisar pada pH 4, hal ini disebabkan penambahan asam pada proses pembuatan tahu. pH pada penelitian ini mengalami kenaikan dari 4,2 menjadi 7,4 sehingga dapat dikatakan bahwa kualitas sudah lebih baik yaitu sesuai standar kehidupan di air bahwa pH berkisar pada 7-7,5. Penelitian untuk mengamati perubahan pH setiap hari selama 14 hari dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 5. Data Hasil Pengamatan Peningkatan pH pada limbah Cair Tahu dibandingkan dengan peraturan dari Daerah Mengenai standar baku mutu air limbah yang dibuang ke Lingkungan

No	Hari ke-	pH awal	Perubahan pH	Baku mutu	Gambar
1	0	4.2		6,0 – 9.0	
2	1		4,5		
3	2		4,7		
4	3		5,2		
5	4		5,8		
6	5		6,5		
7	6		7,4		
8	7		7,4		

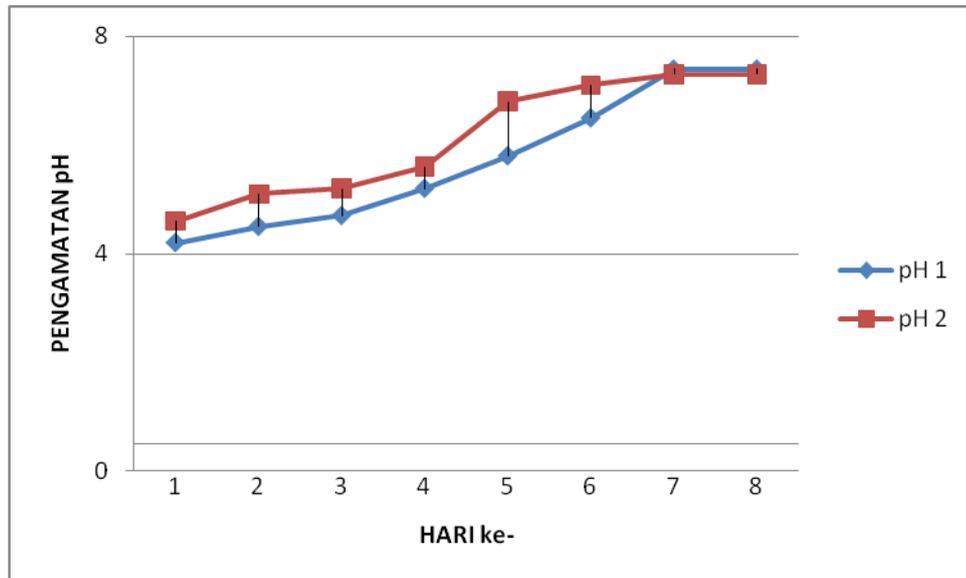
Tabel 6. Data Hasil Pengamatan Peningkatan pH pada limbah Cair Tahu dibandingkan dengan peraturan dari Daerah Mengenai standar baku mutu air limbah yang dibuang ke Lingkungan

No	Hari ke-	pH awal	pH akhir	Baku mutu	Gambar
1	0	4,6		6.0-9.0	
2	1		5,1		
3	2		5,2		
4	3		5,6		
5	4		6,8		
6	5		7,0		
7	6		7,3		
8	7		7,3		

Pada dasarnya, asiditas (keasaman) tidak sama dengan pH. Asiditas melibatkan dua komponen, yaitu jumlah asam, baik asam kuat maupun asam lemah (misalnya asam karbonat dan asam asetat), konsentrasi ion hidrogen, menurut APHA (1976) dalam Effendi 2003. pH juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Senyawa amonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah. Amonium bersifat tidak toksik, namun pada alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan amonia yang terionisasi dan bersifat toksik. Amonia tidak terionisasi ini lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme akuatik dibandingkan dengan amonia (Tebbut, 1992 dalam Effendi, 2003).

Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah. Dalam Effendi, 2003 $\text{pH} < 4$ sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah. Proses pengolahan tahu menggunakan bahan asam cuka sehingga pH limbah cair tahu sangat rendah yaitu kurang dari 4. Sehingga pada penelitian ini juga akan digunakan eceng gondok untuk mengolah limbah tahu.

Syarat pertumbuhan yang optimum bagi eceng gondok adalah air yang dangkal, ruang tumbuh luas, air tenang, cukup cahaya matahari, suhu antara 20-30°C, cukup unsur hara, dan pH antara 7-7,5. Eceng gondok merupakan tumbuhan yang sangat toleran terhadap kadar unsur hara yang rendah dalam air, tetapi respon terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga sangat besar. Pertumbuhan eceng gondok dipengaruhi oleh pH. Pada pH sekitar 7,0-7,5, eceng gondok mempunyai pertumbuhan yang lebih baik. Pada pH di bawah 4,2 dapat meracuni pertumbuhan eceng gondok, sehingga eceng gondok mati. Pada Gambar 6. Dapat dilihat perubahan/peningkatan pH.



Gambar 5. Perubahan pH setiap Waktu

IV.3. Pengamatan Warna

Tabel 7. Data Hasil Pengamatan Perubahan Warna pada limbah Cair Tahu dibandingkan dengan Warna limbah sebelum diolah dan bukan air limbah

Hari ke-	0	1	2	3	4	Bukan air limbah
Perubahan warna I						
Perubahan warna II						

Hari ke-	5	6	7	8	Bukan air limbah
Perubahan warna I					
Perubahan warna II					

Warna perairan biasanya dikelompokkan menjadi dua, yaitu warna sesungguhnya (*true colour*) dan warna tampak (*apparent colour*). Warna sesungguhnya adalah warna yang hanya disebabkan oleh bahan-bahan kimia terlarut. Pada penentuan warna sesungguhnya, bahan-bahan tersuspensi yang dapat menyebabkan kekeruhan dipisahkan terlebih dahulu. Pada pengolahan limbah cair tahu juga kadang masih terdapat endapan sisa-sisa ampas tahu dan kadang juga masih terkandung kacang kedelai.

Warna limbah ditimbulkan oleh adanya bahan organik dan bahan non organik, karena keberadaan plankton, humus, ion-ion logam (besi & mangan), serta bahan-bahan lain. Warna dapat diamati secara visual (langsung) ataupun diukur berdasarkan skala platinum cobalt (PtCo). Dengan membandingkan dengan warna standart. Air yang memiliki nilai kekeruhan rendah biasanya memiliki nilai warna tampak dan warna sesungguhnya yang sama standart. Intensitas warna cenderung meningkat dengan meningkatnya nilai pH.

Pada Tabel 7. Di atas dapat diamati perubahan warna limbah cair tahu mulai dari hari ke- 0. Hari ke-0 artinya adalah hari mulai dilakukan proses penanaman eceng gondok di lokasi. Perubahan warna air yang terjadi selama 7 hari dan juga setelah diulang tujuh hari lagi maka perubahan warna tidak banyak berubah. Hal ini mungkin terjadi karena kuantitas eceng gondok yang ditanaman belum sebanding dengan debit air yang diolah. Kemungkinan lain adalah waktu pengolahan kurang lama. Tetapi dari hasil penelitian ini perubahan perbaikan

warna terdapat perbedaan. Pada awal penelitian warna yang muncul dari limbah cair tahu adalah kuning keruh tetapi setelah diolah mengalami perubahan kuning jernih. Jadi memang hanya terjadi perubahan dari kuning keuh menjadi kuning jernih karena kemungkinan karena endapan sisa pembuatan tahu mengendap dan sebagian lagi menempel pada akar eceng gondok. Kemungkinan lain kenapa warna limbah tidak banyak perubahan adalah karena bak yang digunakan untuk mengendapkan kurang mencukupi.

IV.4. Pengamatan Bau

Perubahan bau dari penelitian ini cukup berhasil karena pada hari ke-4 bau dari limbah tahu tersebut hilang. Pada Tabel 8 dan Tabel 9 dapat dilihat perubahan bau setiap hari. Apabila tidak diolah, limbah cair tahu semakin lama waktu simpannya maka akan semakin bau. Bau yang timbul dari limbah cair tahu disebabkan terjadinya penguraian protein yang menghasilkan amoniak dan H₂S oleh mikroorganisme alam. Dalam penelitian ini bau yang timbul bisa hilang kemungkinan disebabkan karena Amoniak dan H₂S terserap oleh eceng gondok.

Menurut Sriyana pada tahun 2006 Eceng gondok dapat menyerap zat organik melalui ujung akar. Zat-zat organik yang terserap akan masuk ke dalam batang melalui pembuluh pengangkut kemudian menyebar ke seluruh bagian tanaman eceng gondok. Pada proses ini zat organik akan mengalami reaksi biologi dan terakumulasi di dalam batang tanaman, kemudian diteruskan ke daun. Dan menurut Widyaningsih, 2007 lapisan epidermis pada eceng gondok tidak berfungsi sebagai alat perlindungan jaringan, tetapi berfungsi untuk mengabsorpsi gas-gas dan zat-zat makanan secara langsung dari air. Jaringan di sebelah dalam banyak terdapat jaringan pengangkut yang terdiri dari *xylem* dan *floem*, dengan letak yang tersebar merata di dalam *parenkim*.

Tabel 8. Perubahan Bau dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan eceng gondok

No	Hari ke-	Bau di Awal Proses	Bau Setelah Proses	Baku mutu
1	0	Sangat Menyengat		Tidak Berbau
2	1		Menyengat	
3	2		Menyengat	
4	3		Cukup menyengat	
5	4		Sedikit berbau	
6	5		Sedikit berbau	
7	6		Tidak berbau	
8	7		Tidak berbau	

Tabel 9. Perubahan Bau dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan eceng gondok

No	Hari ke-	Bau di Awal Proses	Bau Setelah Proses	Baku mutu
1	0	Sangat Menyengat		Tidak Berbau
2	1		Menyengat	
3	2		Cukup menyengat	
4	3		Sedikit berbau	
5	4		Sedikit berbau	
6	5		Tidak berbau	
7	6		Tidak berbau	
8	7		Tidak berbau	

Limbah cair tahu pada tahap awal- hari kedua sangat berbau. Pada proses yang sesungguhnya di lapangan, perlu banyak bak untuk menerapkan sistem pengolahan dengan menggunakan eceng gondok. Untuk menghemat jumlah bak selama proses pengolahan maka, limbah industri tahu yang berupa cair dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan bio-gas. Bio-gas sendiri adalah gas pembusukan bahan organik oleh bakteri dalam kondisi anaerob. Gas bio tersebut campuran dari berbagai gas antara lain: CH₄ (54-70%), CO₂(27-45%), O₂(1-4%), N₂(0,5-3%), CO(1%) dan H₂S. Campuran gas ini mudah terbakar bila kandungan CH₄ (Methana) melebihi 50%. Air limbah industri tahu ini mempunyai kandungan

Methana (CH₄) lebih dari 50% sehingga sangat memungkinkan untuk bahan sumber energi gas Bio-gas. Untuk daerah tropis seperti Indonesia, Kontruksi fixed Domed Digester (Digester Permanen).

Digester permanen bahannya dari pasangan batu bata, pasangan batu kali, atau beton dengan ruangan penyimpanan gas di atasnya. Digester ruangan gasnya sudah tetap sehingga bila produksi gasnya lebih akan terbuang keluar melalui lubang pengeluaran. Saat tekanan gas tinggi maka slurry akan terdorong ke bak pelimpahan selanjutnya akan meluap keluar melalui lubang pengeluaran secara otomatis dan mengalir ke bak an aerobic sistem. Bila gas digunakan maka tekanan akan berkurang dan slurry masuk kembali ke digester. Digester permanen ini pembangunannya harus teliti karena bila terjadi salah membangunnya atau tidak hati-hati misalnya sampai terjadi lubang sebesar jarum berarti digester tersebut bocor.

Proses terjadinya gas bio, setelah pembangunan selesai, air limbah tahu dimasukkan ke dalam digester. Pengisian ini hingga penuh melimpah ke dasar bak pelimpahan. Kemudian tutup digester dipasang dengan tanah liat sebagai sealnya dan di atasnya diisi dengan air hingga penuh. Air limbah terus dimasukkan. Pada kondisi anaerob, maka bakteri akan menguraikan bahan organik yang mengandung protein, lemak suhu antara 150C-350C, suhu optimal antara 320C-50C, dan setelah ± 30 hari akan dihasilkan bio gas. Bio gas sangat bermanfaat bagi alat kebutuhan rumah tangga/kebutuhan sehari-hari, misalnya sebagai bahan bakar kompor (untuk memasak), lampu, pemanas ruangan/gasolec, suplai bahan bakar mesin diesel, untuk pengelasan (memotong besi), dan lain-lain. Sedangkan manfaat bagi lingkungan adalah dengan proses fermentasi oleh bakteri anaerob (Bakteri Methan) tingkat pengurangan pencemaran lingkungan dengan parameter BOD dan COD akan berkurang sampai dengan 98% dan air limbah telah memenuhi standard baku mutu pemerintah sehingga layak di buang ke sungai.

Bio gas secara tidak langsung juga bermanfaat dalam penghematan energi yang berasal dari alam, khususnya sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (minyak bumi) sehingga sumber daya alam tersebut akan lebih

hemat dalam penggunaannya dalam jangka waktu yang lebih lama lagi (Rudi Prasetyo, 2008).

BAB. V

PENUTUP

V. 1 KESIMPULAN

Dari penelitian ini kami dapat menyimpulkan bahwa pengolahan limbah cair tahu dapat dilakukan dengan menggunakan eceng gondok. Hasil dari penelitian ini adalah :

1. Terjadi penurunan COD sampai ambang batas yang diperbolehkan yaitu terjadi penurunan dari 768 ppm menjadi 208 ppm dan pada ulangan yang dilakukan dari 672 ppm menjadi 160 ppm dimana sudah di bawah baku mutu berdasarkan Perda Jateng No. 10 tahun 2004
2. Terjadi peningkatan nilai pH. Diawal proses, pH dari limbah cair tahu adalah 4.2 dan naik sampai 7.4 demikian juga setelah diulang mulai 4.6 naik menjadi 7.3.
3. Perubahan warna pada penelitian ini kurang memuaskan karena tidak terjadi perubahan warna tetapi hanya berubah tingkat kejernihan di awal, warna limbah cair tahu adalah kuning keruh bahkan ada busanya dan setelah diolah berwarna kuning jernih.
4. Dalam pengamatan perubahan bau, pada hari ke 4 bau sudah berkurang. Akan beda kalau tidak diolah semakin lama maka akan semakin bau.

V.2. SARAN

1. Untuk penelitian selanjutnya mungkin perlu dihitung debit air limbah yang akan diolah
2. Menghitung jumlah bak yang akan digunakan untuk mengolah limbah.
3. Meningkatkan metode yang lebih murah dan mudah
4. Mengamati parameter yang lain .
5. Mencarai alternatif metode pengolahan sebelum di olah dengan menggunakan eceng gondok.
6. Perlu dirancang alat biogas untuk mempercepat dan menghemat anggaran. metode eceng gondok digunakan setelah limbah cair di oleh dalam digester biogas. Gas yang muncul juga dapat dimanfaatkan oleh pengusaha tahu dan masyarakat sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Anif, S., 1999, “Karakteristik Limbah Cair Tahu, Permasalahan Lingkungan yang Ditimbulkan dan Upaya Penanganannya Dikelurahan Mojosonggo Kotamadya dati II Surakarta“, Tesis Ilmu Lingkungan, Fakultas Geografi, UGM, Yogyakarta.
- [2.] Algadrie, Y.S, 2002, “Kajian Kualitas Lingkungan yang Ditimbulkan Limbah Cair Tahu dan Evaluasi Sistem Unit Pengolahan Limbah di Dusun Gerso Desa Trimurti Kecamatan Srandakan Kabupaten Bantul”, Tesis S2, Magister Pengelolaan Lingkungan UGM, Yogyakarta.
- [3.] Antara, N.Y., 1993, “Aklisasi Lumpur Aktif dan Penerapannya dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu”, Tesis S2, Ilmu dan Teknologi Pangan UGM, Yogyakarta.
- [4.] Bahri, S., 2006, “Pemanfaatan Tumbuhan Air (*Azolla*) untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu di Desa Bandarjaya Kecamatan Terbanggi Besar Lampung Tengah”, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Lampung.
- [5.] Damayanti, A., Hermana J. dan Masduqi A., 2004, “Analisis Resiko Lingkungan dari Pengolahan Limbah Pabrik Tahu dengan Kayu Apu”, *Jurnal Purifikasi*, Vol.5, No.4 Oktober 2004: 151-156.
- [6.] Fahri, S., 2002, “Kandungan Biological Oxygen Demand (BOD), Phosphat dan Ammoniak Limbah Cair Tahu dengan Metoda RBC Lokal”, Tesis S2, Fakultas Kedokteran, Jurusan Ilmu Kesehatan Kerja UGM, Yogyakarta.
- [7.] Gerbono, A. dan Siregar, A., 2005, “Kerajinan Eceng Gondok”, Kanisius, Yogyakarta.
- [8.] Hidayat, S., 1993, “Peranan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes mart*) dan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica Poir*) Terhadap Peningkatan Kualitas Air Limbah”, Tesis S2, Program Studi Ilmu Tanaman, Jurusan Ilmu – Ilmu Pertanian, Yogyakarta.
- [9.] Jenie, B.S.L., 1995, “Utilization of Tofu and Tapioca Solid Wastes and Rise Brand to Produce Red Pigments by *Monascus Purpureus* in Tofu Liquid Waste Medium“, *Journal Indonesian Food and Nutrition Progress*, Vol. 2, no.2, hal 24 – 29.
- [10.] Jenie, B.S.L., dan Rahayu, W.P., 1993, “Penanganan Limbah Industri Pangan”, Kanisius, Yogyakarta.
- [11.] Junaidi, 2006, “Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologi Aerobik; Materi Pelatihan Operator Instalasi Pengolahan Limbah Industri”, Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [12.] Kristanto, P., 2004, “Ekologi Industri“, Andi Offset, Yogyakarta
- [13.] Khiatudin, M., 2003, “Melestarikan Sumber Daya Air Dengan Teknologi Rawa Buatan“, Gama Prees, Yogyakarta.
- [14.] Little, L.C., 1979, “Handbook of Utilization of Aquatic Plant”, FAO Fisheries Technical Paper”, No. 187, FAO, Roma.

- [15.] Mahmud, M.K., Dewi S.S., Rossi, R.A., dan Hermana., 1990, “Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia Departemen kesehatan RI. “, Direktorat Bina Gizi Masyarakat dan Pusa Penelitian pengembangan Gizi, Jakarta.
- [16.] Mickley, H., Sherwood, T.S., and Reed, C.E., 1975, “Applied Mathematics in Chemical Engineering”, McGraw-Hill, Inc. New York
- [17.] Penggemukan dan Pendapatan Pengusaha Tahu di Pedesaan“, *Buletin Peternakan* Vol. 19: 31- 38.
- [18.] Mangkoedihardjo S., 2005, “Fitoteknologi dan Ekotoksikologi dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah;Phytotechnology and Ecotoxicologyin Operational Design for Solid Waste Composting, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [19.] Nurtiyani, E., 2000, “Mikroalga Chlorella Sp Dapat Menormalkan Limbah Tahu“, Lembaga Penelitian dan Pengembangan UI, Jurusan Biologi Fakultas Ilmu Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Depok.
- [20.] Novitasari, D., 2004, “ Modul Praktikum MTPPL”, Laboratorium Analisis Dengan Instrumen, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [21.] Purnama, P., 2007, “Pra - rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Tahu Studi Kasus Pabrik Tahu Desa Tempel Sari Kecamatan Kalikajar Kabupaten Wonosobo”, Tesis S2, Fakultas Teknik, Program Studi Magister Sistem Teknik UGM, Yogyakarta.
- [22.] Pramudyanto dan Nurhasan, 1991, “Penanganan Limbah Pabrik Tahu”, Yayasan Bina Lestari, Semarang .
- [23.] Repley B.S., Muller, E., and Behenna, M., 2006, “ Biomass and Photosynthetic Productyivity of Water Hyacinth as Effected by Nutrient Supply and Mirid Biocontrol”, *Biological Control* 39, 392-400.
- [24.] Setiadi, T. dan Dewi, R.G., 2003, “Pengolahan Limbah Industri“, Departemen Teknik Kimia , ITB, Bandung.
- [25.] Suprapti, L., 2005, “ Pembuatan Tahu”, Teknologi Pengolahan Pangan, Kanisius, Yogyakarta.
- [26.] Sriyana, H.Y., 2006, “Kemampuan Eceng Gondok dalam Menurunkan Kadar Pb(II) dan Cr (VI) Pada Limbah dengan Sistem Air Mengalir dan Sistem Air Menggenang“, Tesis S2, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia UGM, Yogyakarta.
- [27.] Soerjani, M.J.V., 1974, “Aquatic Weed Problems and Control in Southeast Asia Tropical Pest Biologi“, Seameo – Biotrop, Bogor, Indonesia.
- [28.] Said, N.I., dan Herlambang, A., 2006, “Teknologi Pengolahan Limbah Tahu dan Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob”, BPPT , Bandung.
- [29.] Siregar, S.A., 2005, “Instalasi Pengolahan Air Limbah“, Kanisius, Yogyakarta.
- [30.] Sediawan, W.B., dan Prasetya, A., 1997, “Pemodelan Matematis dan Penyelesaian Numeris dalam Teknik Kimia”, Andi Offset, Yogyakarta.
- [31.] Thayagajaran, G., 1984, “Proseeding of the International Conference on Water Hyacinth “, Hyderabad, Hindia, UNEP, Nairobi.

- [32.] Tchobanoglous, G., Burton, F.L, Stensel, H.D., 2003, "Wastewater Engineering : Treatment and Reuse, 4th ed., McGraw-Hill, Boston.
- [33.] Tripathi B.D & Shukla S.C., 1991, "Biological Treatment of Wastewater by Selected Aquatic Plants", *Environmental Pollution* 69 (1991) 69-78.
- [34.] Widyaningsih, T.S., 2007, "Penyerapan Logam Cr total dan Cu^{2+} Dengan Eceng Gondok Pada Sistem Air Mengalir", Tesis S2, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia UGM, Yogyakarta.
- [35.] Widajanti W.; Rizka R.;Melviana, "Studi Pengolahan Air Sirkulasi Proses Painting dengan Menggunakan Lumpur Aktif, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia Kampus Depok.
- [36.] Yulianti, W., 2001, "Kemampuan Eceng Gondok Sebagai Biofilter Zat Tersuspensi Pada Konsentrasi Efektif Limbah Cair Tahu", *Jurnal Habitat Universitas Brawijaya Malang*, 23-25.
- [37.] Zimmels, Y., Kirzhner, F.A., and Malkovskaja, 2005, "Application of *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for treatment of urban sewage in Israel", *Journal of Environmental Management* 81, 420-428.

LAMPIRAN

GAMBAR LOKASI SEBELUM PENELITIAN



GAMBAR 1.



GAMBAR 2.



GAMBAR 3.



GAMBAR 4.

SETELAH DILAKUKAN PENELITIAN



GAMBAR 1



GAMBAR 2



GAMBAR 3.