

TUGAS AKHIR

**PENGARUH DEBIT DAN AERASI TERHADAP PROSES
FITOREMEDIASI AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN
TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomea Aquatica* Forsk.)**

*Diajukan sebagai Tugas Akhir dalam Rangka Penyelesaian Studi Sarjana S1
Teknik Lingkungan pada Program Studi Teknik Lingkungan*



NADIAH AULIA

D 121 16 508

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

SKRIPSI

**PENGARUH DEBIT DAN AERASI TERHADAP PROSES
FITOREMEDIASI AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN
TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomea Aquatica Forsk.*)**

OLEH :

**NADIAH AULIA
D121 16 508**

*Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Fakultas
Teknik Universitas Hasanuddin*

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Judul : **Efektifitas Penggunaan Kangkung Air dalam Proses Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tahu**

Disusun Oleh :

Nama : **Nadiah Aulia**

D12116508

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 20 Agustus 2021

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Mary Selitung, M.Sc.
NIDK : 8827760018

Pembimbing II

Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.
NIP. 197506232015042001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001


PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini, Nadiah Aulia, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Pengaruh Debit Dan Aerasi Terhadap Proses Fitoremediasi Air Limbah Industri Tahu Menggunakan Tanaman Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*)**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu, semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, - Juli 2021




Nadiah Aulia
D121 16 508

ABSTRAK

NADIAH AULIA., Pengaruh Debit Dan Aerasi Terhadap Proses Fitoremediasi Air Limbah Industri Tahu Menggunakan Tanaman Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*) (dibimbing oleh Mary Selitung dan Roslinda Ibrahim)

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 industri cair tahu mengandung zat tersuspensi, sehingga mengakibatkan air menjadi kotor atau keruh. Beberapa proses yang telah digunakan untuk mengolah air limbah industri tahu, antara lain proses menggunakan reaktor aerob anaerob, biofilter aerob, dan fitoremediasi. Pada penelitian digunakan proses fitoremediasi. Dalam metode fitoremediasi jenis tanaman yang digunakan sangat bervariasi, salah satu diantaranya adalah tanaman kangkung air (*Ipomea Aquatica Forsk.*). Efisiensi penyisihan kontaminan dalam limbah cair industri tahu dapat di tingkatkan dengan pengaturan debit yang tepat dan penambahan aerasi. Penelitian di lakukan selama 10 hari, menggunakan sistem sirkulasi. Hasil dari penelitian ini, terjadinya penurunan kadar kontaminan air limbah tahu dalam proses fitoremediasi menggunakan tanaman Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*). Perlakuan debit variasi ketiga dengan penambahan aerasi, mampu menurunkan semua kadar kontaminan dan sudah memenuhi baku mutu yang di tetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Pada akhir penelitian ini, kadar BOD memiliki efisiensi penyisihan 95,31%, kadar COD memiliki efisiensi penyisihan 91,67%, kadar TSS 86,67%. Debit dan kebutuhan oksigen memengaruhi efisiensi penyisihan kontaminan dalam limbah air tahu pada proses Fitoremediasi dengan Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*). Dimana, semakin kecil debit dan dilakukan penambahan oksigen, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan kadar kontaminan yang ada pada limbah air tahu.

Kata kunci : Fitoremediasi, Debit, Aerasi, Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*)

ABSTRACT

NADIAH AULIA., The Effect of Discharge and Aeration on the Phytoremediation Process of Tofu Industrial Wastewater Using Water Spinach Plants (*Ipomea Aquatica* Forsk.) (Supervised by Mary Selitung, and Roslinda Ibrahim).

Tofu liquid waste contains organic substances that can cause rapid microbial growth in water. This will cause the oxygen level in the water to decrease sharply. Tofu liquid industrial waste contains suspended substances, causing the water to become dirty or cloudy. Several processes have been used to treat tofu industrial wastewater, including the process using an aerobic anaerobic reactor, aerobic biofilter, and phytoremediation. In this study, the phytoremediation process was used. In the phytoremediation method, the types of plants used vary widely, one of which is water spinach (*Ipomea Aquatica* Forsk.). The efficiency of removing contaminants in the tofu industrial wastewater can be increased by adjusting the proper discharge and adding aeration. The study was conducted for 10 days, using the circulatory system. The results of this study showed a decrease in the levels of tofu wastewater contaminants in the phytoremediation process using water spinach plants (*Ipomea Aquatica* Forsk.). The third variation of discharge treatment with the addition of aeration, was able to reduce all levels of contaminants and had met the quality standards set by the Minister of Environment Regulation No. 5 of 2014. At the end of this study, BOD levels had a removal efficiency of 95.31%, COD levels had a removal efficiency of 91.67%, TSS levels were 86.67%. Discharge and oxygen demand affect the efficiency of contaminant removal in tofu wastewater in the Phytoremediation process with Water spinach (*Ipomea Aquatica* Forsk.). Where, the smaller the discharge and the addition of oxygen, the higher the efficiency of removing the levels of contaminants in tofu waste water.

Keyword : Phytoremediation, Discharge, Aeration, Water Spinach (*Ipomea Aquatica* Forsk.)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas nikmat, berkah, dan karunia-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul “*Pengaruh Debit Dan Aerasi Terhadap Proses Fitoremediasi Air Limbah Industri Tahu Menggunakan Tanaman Kangkung Air (Ipomea Aquatica Forsk.)*”, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih tak terhingga penulis ucapkan kepada Ayahanda Ir. Saharuddin Salihi dan Ibunda Irawati Daud untuk doa, kasih sayang, semangat dan pengorbanan yang begitu besar kepada anaknya. Juga saya mengucapkan terima kasih pada adik saya Fanny Fauziah, S.Ked, Arief Fikrie, Muh. Fadlan dan Muh. Fadli yang tidak hentinya memberikan penulis semangat dan kasih sayang.

Keberhasilan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan semua pihak terkait. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Dr. Ir. Zubair, M.Sc. selaku Kepala Lab Riset Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Hasanudin
3. Ibu Prof Mary Selitung, selaku Pembimbing 1 selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan banyak waktu memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya penulisan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dr. Roslinda, S.P. M.T. selaku pembimbing II yang penuh kesabaran dan keikhlasan membimbing, mengarahkan dan memberikan saran hingga selesainya penulisan Tugas Akhir ini

5. Bapak Syarif, S.T. selaku Laboran Lab. Kualitas Air yang selalu memberikan bimbingan maupun saran selama penelitian
6. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan serta Ibu Sumi dan Kak Oland selaku staff yang selalu siap sedia membantu mahasiswa dalam menyelesaikan berkas-berkas
7. Ika, Sita, Sanda dan Ryski, aku mau mengucapkan banyak terima kasih karena kalian bener-bener baik sama aku. Mulai dari menemani aku yang selalu masuk rumah sakit, sampe menemani mencari *pritilan* tugas akhirku. Semoga, kita bisa tetap berteman baik ya, *guys*.
8. Kak Aulia Anissa Firman, aku senang banget bisa kenal kakak dan punya figur kakak di hidupku. Banyak hal yang kakak ajarin ke aku. Kakak juga yang selalu ngingetin untuk tetap semangat. Terima kasih ya, kak.
9. Hayara Khairia yang selalu bersedia di telfon di jam 3 pagi menemani penulis mengerjakan skripsi. Terima kasih, yara. Jangan bosan-bosan dengar keluhanku, ya.
10. Wini, Fani, Dala yang selalu ada buat aku. Entah itu pas lagi senang atau lagi susah. Aku sadar, aku bukan teman yang baik buat kalian. Tapi, kalian benar-benar sebaik itu ke aku. Aku benar-benar berterima kasih karena kalian mau jadi teman aku selama diperkuliahan.
11. Vita, Ima dan Nadia Adum, terima kasih ya buat cerita serunya di kosan.
12. Kawan D'Cancubel, Riswan, Iwa, Nando, Afief, Aslam dan Melin terima kasih.
13. Chika, Nisa, Mila, Sasha, Fachmy, Liza, Alma, Dewi, Sabda dan Ema, terimakasih.
14. Rekan-rekan KKN 102, Desa Cenrana Baru yang *alay* tapi sayang, terutama roommate beserta kordes.

15. Kawan-kawan seperjuangan di Lab Riset Kualitas Air yang asik dan selalu enjoy di setiap perkuliahan. Semangat kawan, ku tunggu di lintasan.
16. Kawan-kawan Patron 2016. Terima kasih buat segala cerita susah senangnya.
17. Pihak-pihak yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan.
18. Untuk seseorang yang kehadirannya baru-baru ini, terima kasih banyak ya selalu menjadi orang yang benar-benar bisa aku andalkan selain diriku sendiri. Terima kasih juga, selalu menyemangati dan selalu sabar dengan segala kekuranganku.
19. Terakhir, aku mengucapkan banyak terima kasih kepada diriku sendiri. Terima kasih, karena sudah mau menyelesaikan tugas akhir ini. Ayo tetap semangat diriku, habis ini kita lanjut S2.

Akhir kata, Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, namun penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk kedepannya.

Makassar, Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Air Limbah.....	6
B. Komposisi Air Limbah.....	7
C. Limbah Cair Industri Tahu	8
D. Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	9
E. Fitoproses pada Tumbuhan.....	11
F. Chemical Oxygen Demand (COD).....	13
G. Biological Oxygen Demand (BOD)	15
H. Total Suspended Solid (TSS)	16
I. Amonia (NH ₃).....	17
J. Derajat Keasaman (pH)	18
K. Aerasi	19

L. Kangkung Air (<i>Ipomea Aquatica</i> Forsk.).....	19
M. Efektivitas Penyerapan Zat Tercemar.....	23
N. Studi Relevan Penelitian Terdahulu	23

BAB III METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian	27
B. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
C. Alat dan Bahan.....	28
D. Populasi dan Sampel.....	29
E. Pelaksanaan Penelitian	29
F. Teknik Pengumpulan Data.....	30
G. Teknik Analisis	33
H. Bagan Alir Penelitian	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Limbah Air Tahu	36
B. Pengaruh Variasi Debit dan Kebutuhan Oksigen terhadap Efisiensi Penyisihan Kontaminan dalam Air Limbah Tahu.....	37
C. PENGAMATAN KANGKUNG AIR (<i>Ipomea Aquatica</i> Forsk.) sebelum dan sesudah proses Fitoremediasi.....	55
1. Sebelum Proses Fitoremediasi	55
2. Sesudah Proses Fitoremediasi	57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	72
B. Saran	73

DAFTAR PUSTAKA

Lampiran

- A. **Lampiran 1**
- B. **Lampiran 2**
- C. **Lampiran 3**

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perkiraan Kebutuhan Air pada Pengolahan Tahu per 3 kg Kedelai	9
Tabel 2. Baku Mutu Limbah Usaha Kedelai (Tahu)	11
Tabel 3. Penelitian Terdahulu	24
Tabel 4. Variasi Perlakuan dalam Penelitian	27
Tabel 5. Karakteristik Sampel Air Limbah Tahu Sebelum Fitoremediasi	36
Tabel 6. Rata-rata hasil pengujian BOD	37
Tabel 7. Efisiensi Penyisihan BOD	39
Tabel 8. Rata-rata hasil pengujian COD	41
Tabel 9. Efisiensi Penyisihan Kadar COD	43
Tabel 10. Rata-rata Pengujian TSS	44
Tabel 11. Efisiensi Penyisihan Kadar TSS	46
Tabel 12. Efisiensi Penyisihan Kadar Amonia	47
Tabel 13. Rata-rata pengukuran pH selama penelitian	51
Tabel 14. Rata-rata suhu selama penelitian	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Komposisi Air Limbah	7
Gambar 2. Mekanisme Fitoremediasi.....	13
Gambar 3. Kangkung Air (Ipomoea aquatic Forsk.)	23
Gambar 4. Desain Reaktor Fitoremediasi.....	30
Gambar 5. Bagan Alir Penelitian.....	34
Gambar 6. Efisiensi Penyisihan Kadar BOD.....	40
Gambar 7. Efektivitas Penyisihan Kadar COD	43
Gambar 8. Efisiensi Penyisihan TSS	46
Gambar 9. Efisiensi Penyisihan Kadar Amonia	49
Gambar 10. Grafik rata-rata pengukuran pH pada tiap variasi debit.....	52
Gambar 11 Grafik rata-rata pengukuran Suhu pada tiap variasi debit ..	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan

Lampiran 2 Data Hasil Pengujian Laboratorium Kualitas Air Departemen
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Lampiran 3 SNI 6989.72:2009 Pengujian Kadar BOD

Lampiran 4 SNI 6989.73:2009 Pengujian Kadar COD

Lampiran 5 SNI 06-6989.3-2004 Pengujian Kadar TSS secara Gravimetri

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri tahu merupakan salah satu industri yang menggunakan kedelai sebagai bahan baku. Industri tahu sendiri berkontribusi dalam penyediaan pangan bergizi dan pengembangan ekonomi daerah. Industri tahu menghasilkan dua macam limbah yaitu, padat dan cair. Di Indonesia, pembuatan tahu masih menggunakan teknologi sederhana, sehingga tingkat efisiensi penggunaan sumber daya (air dan bahan baku) masih sangat rendah dan tingkat produksi limbahnya sangat tinggi. Dalam proses pembuatan tahu, setiap tahapannya menggunakan air sebagai bahan pembantu dalam jumlah yang banyak.

Limbah cair tahu dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu (Rossiana, 2006). Karakteristik limbah cair tahu mengandung bahan organik tinggi dan mempunyai derajat keasaman yang rendah yakni 4-5 dengan kondisi tersebut maka air limbah industri tahu merupakan salah satu sumber pencemaran yang potensial apabila air limbah yang dihasilkan langsung dibuang ke badan air

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 industri cair tahu mengandung zat tersuspensi, sehingga mengakibatkan air menjadi kotor atau keruh (Subekti, 2011).

Menurut Jenie dan Rahayu (dalam Akhmar, 2007:20) mengatakan bahwa pada umumnya limbah industri pangan tidak membahayakan kesehatan masyarakat secara langsung. Tetapi kandungan bahan organiknya yang tinggi dapat bertindak sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme yang akan berkembangbiak dengan cepat dan mereduksi oksigen yang

terlarut dalam air. Jika kadar oksigen terlarut dalam air dibawah normal, akan menyebabkan kematian ikan dan biota perairan lainnya dan jika oksigen terlarut dalam air rendah dan kadar bahan organik nya tinggi, maka akan timbul bau busuk dan warna air menjadi gelap.

Beberapa proses yang telah digunakan untuk mengolah air limbah industri tahu, antara lain proses menggunakan reaktor aerob anaerob, biofilter aerob, dan fitoremediasi.

Nilai BOD dan COD yang tinggi dapat diturunkan menggunakan metode biologis. Berdasarkan rasio BOD/COD, yaitu 0,43-0,86 limbah cair bersifat biodegradable dan cocok untuk pengolahan dengan proses biologis (Kurniawati, 2009). Salah satu konsep pengolahan biologis merupakan Fitoremediasi.

Fitoremediasi memiliki keuntungan dibandingkan dengan proses lainnya yaitu murah dari segi biaya, pengoperasian dan perawatan lebih mudah, mempunyai efisiensi yang cukup tinggi, dapat menghilangkan zat pencemar logam-logam berat, serta dapat memberikan keuntungan yang tidak langsung seperti mendukung fungsi ekologis

Dimana fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan upaya penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun *in-situ* atau secara langsung di lapangan pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah.

Dalam metode fitoremediasi jenis tanaman yang digunakan sangat bervariasi, salah satu diantaranya adalah tanaman kangkung air (*Ipomea Aquatica Forsk.*). Efisiensi penyisihan kontaminan dalam limbah cair industri tahu dapat di tingkatkan dengan pengaturan debit yang tepat dan penambahan aerasi. Proses aerasi atau pemberian oksigen untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar yang ada di dalam suatu cairan limbah (Laksmi *et al.*, 1993).

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengolahan air limbah tahu menggunakan fitoremediasi menggunakan

tanaman kangkung air (*Ipomea Aquatica Forsk.*). Berdasarkan uraian di atas dilakukan penelitian dengan judul “**Pengaruh Debit Dan Aerasi Terhadap Proses Fitoremediasi Air Limbah Industri Tahu Menggunakan Tanaman Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*)**”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik air limbah industri tahu yang dijadikan objek penelitian ini?
2. Bagaimana pengaruh debit dan kebutuhan oksigen terhadap efisiensi penyisihan kontaminan dalam air limbah tahu pada proses Fitoremediasi dengan Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*)?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengetahui karakteristik air limbah industri yang dijadikan objek penelitian
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi debit dan kebutuhan oksigen terhadap efisiensi penyisihan kontaminan dalam air limbah industri tahu air limbah tahu pada proses Fitoremediasi dengan Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*)

D. Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian ini yaitu:

1. Dapat dijadikan sebagai sumber data untuk dijadikan bahan perbandingan penelitian di bidang pencemaran air dengan menggunakan metode fitoremediasi.

2. Sebagai informasi pada masyarakat mengenai Potensi Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*) dalam penyerapan kontaminan dalam air limbah.

E. Batasan Masalah

Penelitian ini memerlukan batasan masalah untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas dan memberikan arah yang lebih baik serta memudahkan dalam penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Permasalahan yang dibatasi, yaitu:

1. Parameter (zat pencemar) yang diuji pada penelitian ini adalah parameter BOD, COD, TSS, Amoniak, pH dan Suhu yang diperoleh dari pengujian laboratorium
2. Penelitian ini tidak menganalisis besarnya penyerapan konsentrasi zat pencemar yang ada pada tanaman Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*).
3. Penelitian ini tidak menganalisis bakteri atau mikroorganisme yang ada selama proses fitoremediasi.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terbagi ke dalam 5 bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori yang berkaitan dengan tema penelitian yang digunakan sebagai acuan dalam

menyelesaikan masalah, serta kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian, rancangan penelitian serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil penelitian yang berupa data pengamatan dan data hasil pengujian serta berisi pembahasan masalah.

BAB V PENUTUP

Bab ini menguraikan kesimpulan dan saran penulis berkaitan dengan hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Air Limbah

Air limbah merupakan sisa air yang digunakan dalam industri atau rumah tangga yang mengandung zat tersuspensi dan zat terlarut. Air limbah adalah air yang dikeluarkan oleh industri akibat proses produksi dan pada umumnya sulit diolah karena biasanya mengandung beberapa zat seperti: pelarut organik zat padat terlarut, *suspended solid*, minyak dan logam berat (Metcalf dan Eddy, 1991).

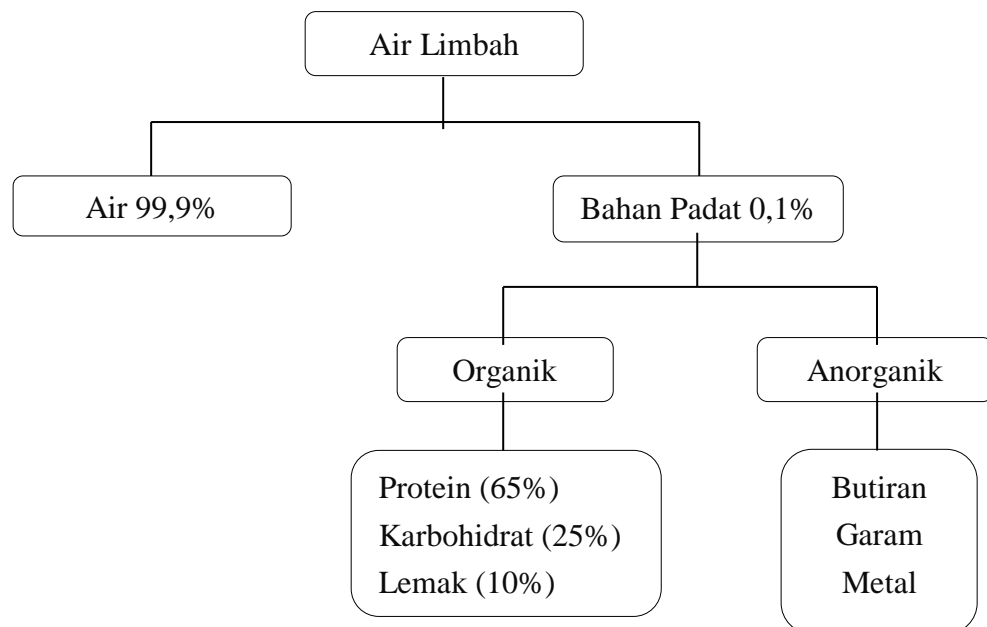
Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 8 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri (industri). Air limbah atau yang lebih dikenal dengan air buangan ini adalah merupakan :

1. Limbah cair atau air buangan (*waste water*) adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan atau kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.
2. Kombinasi dari cairan atau air yang membawa buangan dari perumahan, institusi, komersial, dan industri bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan.
3. Cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat.
4. Kotoran dari masyarakat dan rumah tangga, industri serta buangan lainnya.

Air limbah harus diolah dahulu sebelum dibuang ke badan air, karena selain tidak sedap dipandang mata, air buangan ini sangat berbahaya (Puspita Hati, 2010). Sehingga pengolahan air limbah bertujuan untuk mengurangi penyebaran penyakit menular yang disebabkan oleh organisme patogen yang ada di dalam air limbah dan mencegah polusi pada air permukaan maupun air tanah. Air limbah umumnya diolah dengan menggunakan oksigen di dalamnya sehingga bakteri dapat memanfaatkan air limbah ini sebagai makanan.

B. Komposisi Air Limbah

Sesuai dengan sumbernya, air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat dalam air limbah adalah sebagai berikut (Sugiharto, 2008):



Gambar 1. Komposisi Air Limbah

C. Limbah Cair Industri Tahu

Pembuatan tahu pada prinsipnya dibuat dengan mengekstrak protein, kemudian mengumpulkannya, sehingga terbentuk padatan protein. Cara penggumpalan susu kedelai umumnya dilakukan dengan cara penambahan bahan penggumpal berupa asam. Bahan penggumpal yang biasa digunakan adalah asam cuka (CH_3COOH), batu tahu ($\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) dan larutan bibit tahu (larutan perasan tahu yang telah diendapkan satu malam) (Saraswati, 2015).

Limbah industri tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Limbah padat belum dirasakan dampaknya terhadap lingkungan karena dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak, tetapi limbah cair akan mengakibatkan bau busuk dan bila dibuang langsung ke sungai akan menyebabkan tercemarnya sungai. Satu ton tahu atau tempe yang diproduksi dapat menghasilkan limbah sebanyak 3000 – 5000 Liter (Darma, 2015).

Proses pengolahan kedelai menjadi tahu menghasilkan 2 jenis limbah yaitu: limbah padat dan limbah cair. Limbah padat pada umumnya dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sementara limbah cair akan dibuang langsung ke lingkungan (Ridhuan, 2008). Baku mutu air limbah cair tahu yang direkomendasikan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 tahun 2014 mencakup 4 parameter yaitu: BOD (150 mg/L), COD (300 mg/L), TSS (200 mg/L), dan pH (6-9)

Dinata et al. (2014) menyatakan bahwa pada umumnya limbah cair tahu memiliki kadar COD sebesar 4150,2 mg/L; TSS sebesar 1115,5 mg/L; dan pH = 5. Limbah cair tahu dengan karakteristik mengandung bahan organik tinggi dan kadar cemaran yang cukup jika langsung dibuang ke badan air maka akan menurunkan daya dukung lingkungan. Oleh sebab itu, industri tahu memerlukan suatu pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi resiko beban pencemaran yang ada (Subekti, 2011).

Karakteristik fisika air limbah tahu meliputi padatan total, suhu, warna dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas.

Rincian penggunaan air dalam setiap tahapan proses dapat di lihat pada tabel 1 berikut ini (Syarif dan Halid, 1993):

Tabel 1. Perkiraan Kebutuhan Air pada Pengolahan Tahu per 3 kg Kedelai

Tahap Proses	Kebutuhan Air (liter)
Pencucian	10
Peredaman	12
Penggilingan	3
Pemasakan	30
Pencucian Ampas	50
Perebusan	20
JUMLAH	135

Dalam limbah cair industri tahu terdapat bahan-bahan organik kompleks yang tinggi terutama protein dan asam - asam amino (Khasanah, 2008). Baik dalam bentuk padatan tersuspensi maupun terlarut sehingga kandungan BOD, COD dan TSSnya tinggi. Dengan demikian tidak boleh langsung dibuang ke aliran sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu karena akan menimbulkan pencemaran lingkungan (Darwis, 2011).

Sifat-sifat dari limbah cair tahu ini antara lain adalah:

1. Berwarna keruh karena tingginya zat tersuspensi
2. Bau kecut berasal dari amonia dan *hydrogen sulfide* merupakan hasil dekomposisi senyawa protein yang ada dalam limbah cair tersebut.
3. pH rendah karena digunakan cuka dalam proses pembuatan tahu.
4. Mempunyai kandungan bahan organik tinggi.

D. Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Kualitas limbah menunjukkan spesifikasi limbah yang diukur dari jumlah kandungan bahan pencemar di dalam limbah. Kandungan pencemar di dalam limbah terdiri dari berbagai parameter. Semakin kecil jumlah

parameter dan semakin kecil konsentrasinya, menunjukkan semakin kecilnya peluang untuk terjadinya pencemaran lingkungan (Kristanto, 2002).

Untuk limbah industri tahu dan tempe ada dua hal yang perlu diperhatikan yakni karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total, suhu, warna dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Menurut Herlambang (2002) suhu air limbah tahu berkisar 37- 45°C, kekeruhan 535-585 FTU, warna 2.225-2.250 Pt.Co, amonia 23,3-23,5 mg/1, BOD₅ 6.000-8.000 mg/1 dan COD 7.500-14.000 mg/1. Sedangkan untuk gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah tahu adalah gas nitrogen (N₂), Oksigen (O₂), hidrogen sulfida (H₂S), amonia (NH₃), karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan.

Limbah cair industri tahu mengandung zat-zat organik yaitu protein 40% - 60%, karbohidrat 25%–50%, lemak 10% dan padatan tersuspensi lainnya yang di alam dapat mengalami perubahan fisika, kimia dan hayati yang akan menghasilkan zat toksik atau menciptakan media tumbuh bagi mikroorganisme patogen. Tingginya penggunaan air dalam tiap tahapan proses pembuatan tahu akan meningkatkan jumlah limbah cair yang dihasilkan sehingga jika limbah langsung dibuang ke perairan tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan (Herlambang, 2002).

Proses produksi tahu menghasilkan 2 jenis limbah, limbah padat dan limbah cair. Pada umumnya, limbah padat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sedangkan limbah cair dibuang langsung ke lingkungan. Husin (2003) menyatakan bahwa banyak industri tahu skala rumah tangga di Indonesia tidak memiliki proses pengolahan limbah cair. Sementara menurut Sudaryati et al. (2007) jika limbah cair industri tahu tersebut dibuang langsung ke lingkungan tanpa proses pengolahan akan terjadi pengendapan bahan organik pada badan perairan, proses pembusukan dan

berkembangnya mikroorganisme patogen. Fatha (2007) mengemukakan bahwa limbah cair industri tahu dapat menimbulkan pencemaran yang cukup berat karena memiliki kadar polutan organik yang cukup tinggi dan keasaman yang rendah, yakni pH 4-5. Tanpa proses penanganan yang baik, limbah cair tahu dapat menyebabkan dampak negatif seperti polusi air, sumber penyakit, bau tidak sedap, meningkatkan pertumbuhan nyamuk, dan menurunkan estetika lingkungan sekitar.

Untuk mengendalikan pencemaran limbah cair tahu terhadap lingkungan, Pemerintah mengeluarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 Lampiran XVIII tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai, untuk baku mutu air limbah tahu tertera pada tabel berikut :

Tabel 2.. Baku Mutu Limbah Usaha Kedelai (Tahu)

Parameter	Baku Mutu
BOD	150 mg/L
COD	300 mg/L
TSS	200 mg/L
pH	6–9

Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai. No 5 Tahun 2014.

E. Fitoproses pada Tumbuhan

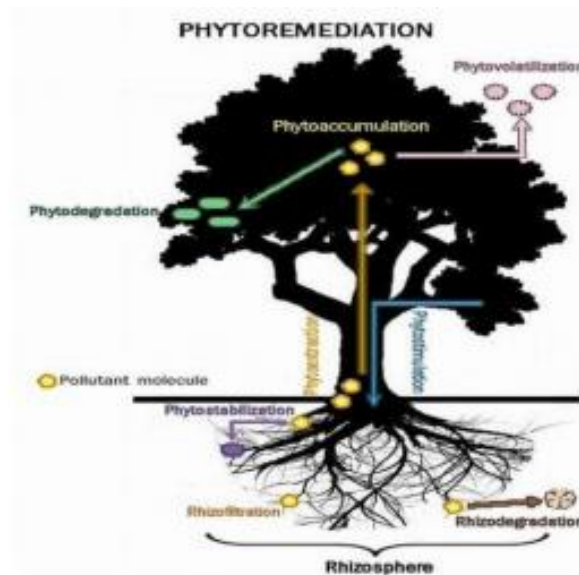
Proses penurunan kadar zat pencemar dalam air limbah dengan menggunakan tumbuhan air merupakan kerjasama antara tumbuhan dengan mikroba yang berasosiasi dengan tumbuhan tersebut. Tumbuhan memperoleh nitrogen dari senyawa-senyawa nitrogen dalam nitrit, nitrat dan amonia (Wolverton,1987).

Menurut Mangkoedihardjo (2010), tumbuhan tidak dapat memilih apa yang akan diserap karena akarnya akan menyerap segala zat dalam cairan. Dalam kondisi demikian tumbuhan akan memberikan berbagai

respon terhadap lingkungan. Zat cair dalam lingkungan media tumbuh direspon oleh tumbuhan melalui beberapa proses, yaitu:

1. Fitostabilisasi Proses imobilisasi kontaminan dalam tanah. Naiknya kontaminan disebabkan terbawa aliran air tanah melalui proses kapiler, pada zona vadose lapisan atas tanah (zona tanah tidak jenuh air), terutama pada saat musim kemarau. Demikian juga kontaminan terbawa aliran air tanah saat musim penghujan, ketika air tanah naik mendekati permukaan tanah. Di samping itu, kontaminan naik menuju zona akar disebabkan proses transpirasi tumbuhan. Hal tersebut menyebabkan kontaminan akan terakumulasi sehingga tidak bergerak keluar zona akar.
2. Rizofiltrasi adalah proses adsorpsi atau presipitasi kontaminan pada akar dan penyerapan kontaminan ke dalam akar. Kontaminan yang bersifat mudah mengendap akan tertahan pada zona akar. Proses adsorpsi terjadi berdasarkan ikatan ionik, karena proses ini terjadi pada kontaminan yang mempunyai perbedaan muatan ion dengan 16 ion akar. Proses sedimentasi terjadi karena koagulasi kontaminan dan kondisi pH air tanah (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010).
3. Rizodegradasi merupakan pemecahan kontaminan dalam tanah karena adanya aktivitas mikroba di zona akar. Proses ini menggunakan mikroorganisme untuk mengkonsumsi dan mencerna zat organik sebagai nutrisi makanan dan energi. Kontaminan yang mengalami degradasi ini adalah kontaminan yang bersifat biodegradable (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010).
4. Fitoekstraksi adalah proses penyerapan kontaminan dari akar dan terdistribusi ke dalam berbagai organ tumbuhan (Sheoran et al., 2009). Kontaminan yang terserap ke dalam tumbuhan pada umumnya adalah 17 kontaminan terlarut air. Beberapa zat lain yang sulit terlarut air dapat terserap oleh tumbuhan karena adanya eksudat tumbuhan. Eksudat ini berfungsi sebagai pelarut organik dan ikut menentukan pelarutan kontaminan.

5. Fitodegradasi adalah proses penguraian kontaminan yang terserap melalui proses metabolik dalam tumbuhan (Garbisu dan Alkorta, 2001). Proses phytodegradation juga merupakan penguraian kontaminan di luar tumbuhan melalui proses enzimatik yang dihasilkan oleh tumbuhan.
6. Fitovolatilisasi adalah kemampuan tumbuhan untuk menyerap dan menguapkan kontaminan ke udara. Menurut Karami dan Shamsuddin (2010), kontaminan yang terserap dapat berubah struktur kimianya sebelum lepas ke udara. Hal ini terjadi karena adanya *phytodegradation* yang menyebabkan pemecahan kontaminan melalui proses metabolisme di dalam tumbuhan. Dapat di lihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Mekanisme Fitoremediasi

Sumber: Velazquez et al., 2012

F. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand merupakan merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai seluruh bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi CO₂ dan H₂O yang terkandung dalam air limbah.

Angka COD merupakan ukuran pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Hariyadi, 2004).

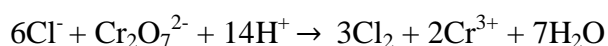
Nilai COD umumnya lebih besar dari BOD karena COD merupakan total dari bahan organik yang terkandung pada limbah, sedangkan BOD hanya merupakan bahan organik yang mudah didegradasi (Boyd, 1990; Metcalf dan Eddy, 1991).

Pengukuran COD didasarkan pada kenyataan bahwa hampir semua bahan organik dapat dioksidasi menjadi karbondioksida dan air dengan bantuan oksidator kuat ($K_2Cr_2O_7$) dalam suasana asam. Dengan penggunaan dikromat sebagai oksidator, diperkirakan sekitar 95%-100% bahan organik dapat dioksidasi. Keuntungan analisis COD adalah sedikitnya waktu yang dibutuhkan untuk mengevaluasi 96% hasil uji analisis COD yang dilakukan 10 menit akan setara dengan hasil analisis BOD selama 5 hari (Nasution, 2013).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen dalam air. Oksidasi terhadap bahan buangan organik akan mengikuti reaksi berikut ini:



Reaksi tersebut perlu pemanasan dan juga penambahan katalisator perak sulfat (Ag_2SO_4) untuk mempercepat reaksi. Apabila dalam bahan buangan organik diperkirakan ada unsur Klorida yang dapat mengganggu reaksi maka perlu ditambahkan merkuri sulfat untuk menghilangkan gangguan tersebut. Klorin dapat mengganggu karena akan ikut teroksidasi oleh kalium Dikromat sesuai dengan reaksi berikut ini:



Apabila dalam larutan air lingkungan terdapat Chlorida, maka oksigen yang diperlukan pada reaksi tersebut tidak menggambarkan keadaan sebenarnya. Seberapa jauh tingkat pencemaran oleh bahan buangan organik

tidak dapat diketahui secara benar. Penambahan merkuri sulfat adalah untuk mengikat ion Klor menjadi merkuri klorida mengikuti reaksi berikut ini:



Warna larutan air lingkungan yang mengandung bahan buangan organik sebelum reaksi oksidasi adalah kuning. Setelah reaksi oksidasi selesai maka akan berubah menjadi hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan organik sama dengan jumlah kalium dikromat yang dipakai pada reaksi tersebut di atas. Makin banyak kalium dikromat yang dipakai pada reaksi oksidasi, maka semakin banyak oksigen yang diperlukan. Dapat diartikan bahwa air lingkungan banyak tercemar oleh bahan buangan organik. Dengan demikian maka seberapa jauh tingkat pencemaran air lingkungan dapat ditentukan (Wardhana, 2001).

G. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan sebagai pengukuran pengurangan kadar oksigen di dalam air yang dikonsumsi oleh makhluk hidup (organisme) di dalam air selama periode 5 hari pada keadaan gelap (tidak terjadi proses fotosintesis). Pengurangan kadar oksigen ini disebabkan oleh kegiatan organisme mengkonsumsi atau mendegradasi senyawa organik dan nutrisi lain yang terdapat dalam air.

Air yang relatif bersih akan mengandung mikroorganisme relatif sedikit, sehingga pengurangan oksigen di dalam air selama periode 5 hari akan sedikit, sedangkan untuk air yang tercemar dan mengandung banyak mikroorganisme bakteri akan mengkonsumsi banyak oksigen dalam proses degradasi senyawa organik dan nutrisi selama 5 hari sehingga pengurangan kadar oksigen menjadi sangat besar. Penentuan BOD sangat lambat yaitu membutuhkan waktu 5 hingga 10 hari (Situmorang, 2007).

Biological Oxygen Demand merupakan suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-

benar didalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air.

Jika suatu badan air tercemar oleh zat-zat organik, bakteri tersebut dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian biota air dan keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut.

Pemeriksaan BOD didasarkan reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen didalam air dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerobik sebagai hasil oksidasi akan terbentuk karbondioksida, air, dan amonia. Atas dasar reaksi tersebut, yang memerlukan kira-kira 2 hari dimana 50% reaksi telah tercapai, 5 hari supaya 75% dan 20 hari supaya 100% tercapai, maka pemeriksaan BOD dapat digunakan untuk menafsirkan beban pencemaran zat organik (Salmin, 2005).

Analisis BOD dan COD dari suatu limbah akan menghasilkan nilai-nilai yang berbeda karena kedua uji mengukur bahan yang berbeda. Perbedaan diantara kedua nilai disebabkan oleh banyak faktor seperti bahan kimia yang tahan terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak tahan terhadap oksidasi kimia, seperti lignin, bahan kimia yang dapat dioksidasi secara kimia dan peka terhadap oksidasi biokimia tetapi dalam uji BOD 5 hari seperti selulosa, lemak berantai panjang, atau sel-sel mikroba, dan adanya bahan toksik dalam limbah yang mengganggu uji BOD tetapi tidak dengan uji COD.

Pada limbah yang masih mengandung kadar BOD tinggi, jika dibuang ke lingkungan dapat menimbulkan suatu penyakit terhadap manusia (*cholera, disentrim typus*) (Wisnu, 2004 dalam Nur Hasmawaty, 2008).

H. Total Suspended Solid (TSS)

Total suspended solid atau padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak larut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen

seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lain-lain, mulai dari 5 mg/L sampai 30000 mg/L. Misalnya air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk tersuspensi (Togatorop, 2009).

Padatan *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. Padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat, dll (Rozali, Mubarak, & Nurrachmi, 2016).

I. Amonia (NH₃)

Amonia bebas disebut juga nitrogen amonia dihasilkan dari pembusukan bakteri zat-zat organik. Air limbah yang masih baru secara relatif berkadar amoniak bebas rendah dan berkadar nitrogen organik tinggi (Purba, 2009). Amoniak (NH₃) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH₄⁺ pada pH rendah dan disebut ammonium. Amonia sendiri berada dalam keadaan tereduksi (-3). Amonia dalam air permukaan berasal dari air seni dan tinja juga oksidasi zat organik secara mikrobiologis, yang berasal dari air alam atau air buangan industri (Purba, 2009).

Amonia berada di mana-mana dari kadar beberapa mg/L pada air permukaan dan air tanah, sampai kira-kira 30 mg/L lebih pada air buangan. Kadar amoniak yang tinggi pada air sungai menunjukkan adanya pencemaran. Amoniak tersebut dapat dihilangkan sebagai gas melalui aerasi atau reaksi dengan asam hipoklorit (HOCl) atau kaporit dan sebagainya, hingga menjadi kloramin yang tidak membahayakan atau sampai menjadi nitrogen (Purba, 2009).

Amonia bebas (NH₃) yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amoniak terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu

(Effendi, 2003). Pada lingkungan asam atau netral, NH_3 ada dalam bentuk ion NH_4^+ . Pada lingkungan basa, NH_3 akan dilepas ke atmosfer (Sataresmi, 2008). Senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu akan terurai oleh mikroorganisme menjadi karbondioksida (CO_2), air serta ammonium, selanjutnya ammonium akan diubah menjadi nitrat. Proses perubahan amonia menjadi nitrit dan akhirnya menjadi nitrat disebut proses nitrifikasi. Untuk menghilangkan amonia dalam limbah cair sangat penting, karena amonia bersifat racun bagi biota akuatik (Herlambang, 2005).

J. Derajat Keasaman (pH)

Air limbah industri tahu sifatnya cenderung asam, pada keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah untuk menguap. Hal ini mengakibatkan limbah cair industri tahu mengeluarkan bau busuk. pH sangat berpengaruh dalam proses pengolahan air limbah. Baku mutu yang ditetapkan sebesar 5-9. Pengaruh yang terjadi apabila pH terlalu rendah adalah penurunan oksigen terlarut. Oleh karena itu, sebelum limbah diolah diperlukan pemeriksaan pH serta menambahkan larutan penyangga agar dicapai pH yang optimal (Herlambang, 2007).

Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan. Sistem pengukuran pH mempunyai tiga bagian yaitu elektroda pengukuran pH, elektroda referensi dan alat pengukur impedansi tinggi. Istilah pH berdasarkan dari “p”, lambing matematika dari negatif logaritma, dan “H”, lambang kimia dari unsur Hidrogen.

K. Aerasi

Salah satu fungsi dari fitoremediasi adalah menurunkan kadar polutan atau zat-zat berbahaya yang ada di dalam limbah cair melalui penyerapan, pendegradasi, transformasi logam berat dan senyawa organik oleh tanaman serta penguraian oleh mikroorganisme. Dalam proses tersebut mikroorganisme aerob juga mengkonsumsi oksigen terlarut untuk menguraikan senyawa-senyawa (Arunggi, 2018).

Aerasi merupakan penambahan oksigen sehingga konsentrasi zat pencemar akan hilang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur. Pada prakteknya terdapat dua cara untuk menambahkan oksigen kedalam air limbah yaitu dengan memasukkan udara ke dalam air limbah atau memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen (Sugiharto dalam Arunggi, 2018)

L. Kangkung Air (*Ipomea Aquatica* Forsk.)

1. Klasifikasi Tanaman Kangkung Air

Kangkung air (*Ipomea Aquatica* Forsk.) adalah tumbuhan air yang memiliki sebaran tinggi di kawasan Afrika, Asia dan Pasifik barat daya, kangkung air merupakan tanaman yang menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun, dengan sebaran populasi yang berada di dataran rendah sampai dataran tinggi.

Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) adalah tanaman air yang mempunyai daya adaptasi yang cukup luas terhadap keadaan atau kondisi iklim dan tanah di daerah tropis, sehingga kangkung air dapat ditanam diberbagai daerah di Indonesia. Kangkung air (*Ipomea Aquatica* Forsk.) dapat tumbuh dengan baik pada badan air yang tidak

terlalu dalam (dangkal) atau bantaran sungai, danau, dan bahkan selokan (Hapsar et al., 2018)

Kangkung air (*Ipomea Aquatica Forsk.*) merupakan tanaman yang tidak selektif terhadap unsur hara tertentu, sehingga kangkung air dapat menyerap semua unsur yang terkandung di dalam air maupun tanah. Unsur yang paling diperlukan dalam pertumbuhan kangkung air (*Ipomea Aquatica Forsk.*) berupa Nitrogen (N) dan Fosfat (P), Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO_3) karena ion tersebut bermuatan negatif sehingga selalu ada dalam larutan air dan mudah diserap oleh akar (Novizan, 2001).

Fungsi unsur hara nitrogen diantaranya meningkatkan pertumbuhan tanaman, pembentukan senyawa-senyawa protein dalam tanaman, menyehatkan pertumbuhan daun dan meningkatkan kualitas tanaman penghasil daun-daunan (Sutedjo, 2002). Klasifikasi dan identifikasi kangkung air adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae (tumbuhan)
Sub Kingdom	: Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)
Sub Kelas	: Asteridae
Ordo	: Solanales
Famili	: Convolvulaceae (suku kangkung-kangkungan)
Genus	: Ipomoea
Spesies	: Ipomoea aquatica Forsk.

2. Morfologi Tanaman Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*)

Tanaman kangkung mempunyai daun licin dan berbentuk mata panah, sepanjang 5-6 inci. Tumbuhan ini memiliki batang yang menjalar dengan daun berselang serta batang yang menegak pada pangkal daun. Tumbuhan ini berwarna hijau pucat dan menghasilkan bunga berwarna putih yang menghasilkan kantong dan mengandung empat biji benih.

Akar tanaman kangkung tumbuh menjalar dengan percabangan yang cukup banyak. Pada bagian batang yang berbentuk menjalar di atas permukaan tanah basah atau terapung, kadang-kadang membelit. Tangkai daun melekat pada buku-buku batang. Bentuk daunnya seperti jantung, segitiga, memanjang, bentuk garis atau lanset, rata atau bergigi, dengan pangkal yang terpancung atau bentuk panah sampai bentuk lanset.

Pengambilan air dan mineral pada kangkung air, terutama dilakukan oleh akar muda. Air yang diserap oleh ujung akar dan meristem sangat sedikit. Di daerah yang terdapat rambut - rambut akar berlangsung penyerapan mineral yang penting utama. ion - ion secara selektif diangkut dan dikumpulkan oleh akar, sel sel ujung akar yang tidak terdiferensiasi dan tidak bervokula tidak menghimpun ion - ion tersebut, melainkan sel - sel bervokula dan terdiferensiasi yang besar dalam mengumpulkan mineral. Ion - ion tersebut masuk dan keluar dari sel- sel secara pasif (Kumalasari, 2008).

Tanaman ini memiliki karangan bunga di ketiak, berbentuk payung atau terompet dan berbunga sedikit. Terdapat daun pelindung tapi berukuran kecil, daun kelopak berbentuk bulat telur memanjang dan tumpul. Tonjolan dasar bunga berbentuk cincin, tangkai putik berbentuk benang, dan kepala putik berbentuk bola rangkap. Bentuk buahnya bulat telur yang di dalamnya berisi 3-4 butir biji. Bentuk bijinya bersegi-segi, agak bulat dan berwarna coklat atau kehitam-hitaman.

Pertumbuhan kangkung air sangat dipengaruhi oleh suhu. Pada daerah tropika basah, kangkung air tumbuh baik pada suhu 28 – 35⁰C. Suhu pertumbuhan optimum kangkung air pada daerah savana saat musim panas adalah 30 – 40⁰C dan 20 – 30⁰C pada saat musim dingin. Sedangkan pada daerah pegunungan, kangkung air dapat tumbuh baik pada suhu 15 – 30⁰C. Namun pada umumnya kisaran suhu optimum untuk budidaya kangkung air adalah 25 – 30⁰C (Rini 1998).

Selain suhu, faktor yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan kangkung air adalah kekeruhan. Air yang keruh menyebabkan batang

kangkung air membusuk dan akhirnya mati. Hujan selama 3 – 4 hari dalam seminggu dapat merusak tanaman kangkung air (Irwan 1994 dalam Rini 1998).

Tumbuhan kangkung air merupakan tumbuhan yang hidup di air (hydrophyta). Tumbuhan ini sistem perakarannya di tanah meskipun tempat tumbuhnya di perairan. Tumbuhan kangkung air biasa hidup di tempat yang lembab seperti di daerah rawa, parit, sawah, dan pinggir pinggir jalan yang tergenang.

3. Penyerapan Oleh Tanaman Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forsk.*)

Secara anatomi tanaman kangkung memiliki akar serabut yang tumbuh di setiap ruas batang, sehingga memiliki daya hisap yang tinggi terhadap polutan yang ada di perairan. Struktur batang yang berongga berfungsi untuk mempercepat proses kapilaritas dari batang. Akibatnya kemampuan untuk mengangkut air limbah bisa terjadi dengan cepat. Struktur daun yang terdiri dari 3-5 lima helai dengan struktur daun yang tipis menyebabkan tumbuhan mudah kehilangan air karena air yang ada di dalam tumbuhan menguap.

Hilangnya air yang menguap akan menyebabkan tekanan pada daun menjadi rendah sehingga menarik air yang ada di pembuluh. Isapan daun ini akan membuat air yang terdapat di akar naik ke atas. Dengan struktur anatomi, morfologi dan fisiologi kangkung yang seperti ini sehingga tanaman ini dapat menyerap berbagai jenis polutan yang ada di perairan.

Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang berpotensi menjadi agen fitoremediasi limbah cair kelapa sawit. Sejumlah penelitian melaporkan bahwa kangkung air telah efektif meremediasi berbagai jenis limbah, diantaranya chromium (Weerasinghe et al., 2008; Chen et al., 2010).



Gambar 3. Kangkung Air (*Ipomoea aquatic Forsk.*)

M. Efektivitas Penyerapan Zat Tercemar

Efektifitas Penyerapan dapat menggambarkan kemampuan fitoremediasi dalam menyerap zat pencemar yang ada di air limbah yang dinyatakan dalam satuan persen (%). Perhitungan efektifitas penyerapan zat pencemar diperoleh menggunakan rumus:

$$\text{Efektifitas Penyerapan (\%)} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

.....(1)

N. Studi Relevan Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai fitoremediasi air limbah tahu sudah banyak dilakukan dan penelitian ini merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari penelitian-penelitian sebelumnya. Penulis mengangkat beberapa penelitian terdahulu dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian ini. Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian penulis dapat di lihat pada **Tabel 3.**

Tabel 3. Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil
1	Fajrin Anwari, dkk	2011	Studi Penurunan Kadar BOD, COD, TSS dan pH Limbah Pabrik Tahu Menggunakan Metode Aerasi Bertingkat	Untuk menurunkan kandungan limbah yang polutif tersebut digunakan metode aerasi bertingkat dengan mempelajari lama waktu aerasi terhadap penurunan kadar BOD, COD, TSS dan pH limbah. Prinsip kerjanya adalah memperbanyak oksigen terlarut dalam air agar kondisi air limbahnya aman untuk dibuang ke lingkungan. Setiap kompartemen dialirkan udara menggunakan aerator dengan variasi lama waktu sebesar 40, 50, 60, dan 120 menit. Setelah proses aerasi berakhir dilakukan kembali pengujian dengan parameter yang sama.
2	Natalina dan Hardoyo	2013	Penggunaan Eceng Gondok (<i>Eichornia Crassipes (Mart) Solms</i>) dan Kangkung Air (<i>Ipomea Aquatica Forsk</i>) dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah Industri Tahu	Penurunan yang paling efektif dalam penurunan kadar BOD, COD, TSS dan pH terjadi pada konsentrasi limbah 25% atau 4 kali pengenceran
3	Alimsyah	2013	Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi	Variabel yang digunakan pada penelitian tersebut adalah konsentrasi air limbah 60% dan 50% serta parameter yang digunakan adalah NH ₄ , TSS, dan Cod. Dari hasil penelitian tersebut terlihat peningkatan efisiensi dari berbagai macam kerapatan tumbuhan

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil
4	Ernny Rosita, dkk	2013	Efektivitas Fitoremediasi Kangkung Air (<i>Ipomoea Aquatica</i>) Terhadap Penyerapan Orthoposfat Pada Detergen Ditinjau Dari Detensi Waktu Dan Konsentrasi Orthopospat	Nilai penyerapan total yang paling tinggi terlihat pada perlakuan fitoremediasi hari ke-6. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor detensi waktu atau lamanya hari berpengaruh terhadap penyerapan orthopospat oleh kangkung air.
5	Indah Luthfiana Sari dkk	2014	Kemampuan Eceng Gondok, Kangkung Air dan Kayu Apu dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium)	Berdasarkan hasil penelitian, Perlakuan A (eceng gondok), B (kangkung) dan C (kayu apu) mampu menurunkan kandungan bahan organik pada media percobaan. Tanaman eceng gondok, kangkung air, kayu apu mampu menyerap bahan organik berturut-turut hingga tersisa 195 ± 48.61 mg/l, 388.50 ± 90.22 mg/l dan 400 ± 98.89 mg/l.
6	Emi Erawati dan Dwi Sapta Kusumandari	2014	Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Tanaman Terhadap Fitoremediasi Limbah Tahu	Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah bambu air (<i>Equisetum hyemale</i>), eceng gondok (<i>Eichornia crassipes</i> (Mart.) Solm), kangkung (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk), <i>aquadest</i> , dan kedelai. Limbah cair tahu mempunyai COD tertinggi pada konsentrasi 100% volum sebesar 2945,736 mg/l dan pada konsentrasi 12,5% volum sebesar 1302,326 mg/l. Tanaman Eceng gondok mempunyai ketahanan lebih rendah dibandingkan tanaman bambu air dan kangkung