



**PENANGANAN LIMBAH CAIR HASIL PENGOLAHAN EDAMAME
MENGUNAKAN FITOREMEDIASI KAYU APU (*Pistia Stratiotes L.*)**

SKRIPSI

Oleh :
Intan Permata Sari
NIM 151710201119

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**PENANGANAN LIMBAH CAIR HASIL PENGOLAHAN EDAMAME
MENGUNAKAN FITOREMEDIASI KAYU APU (*Pistia Stratiotes L.*)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

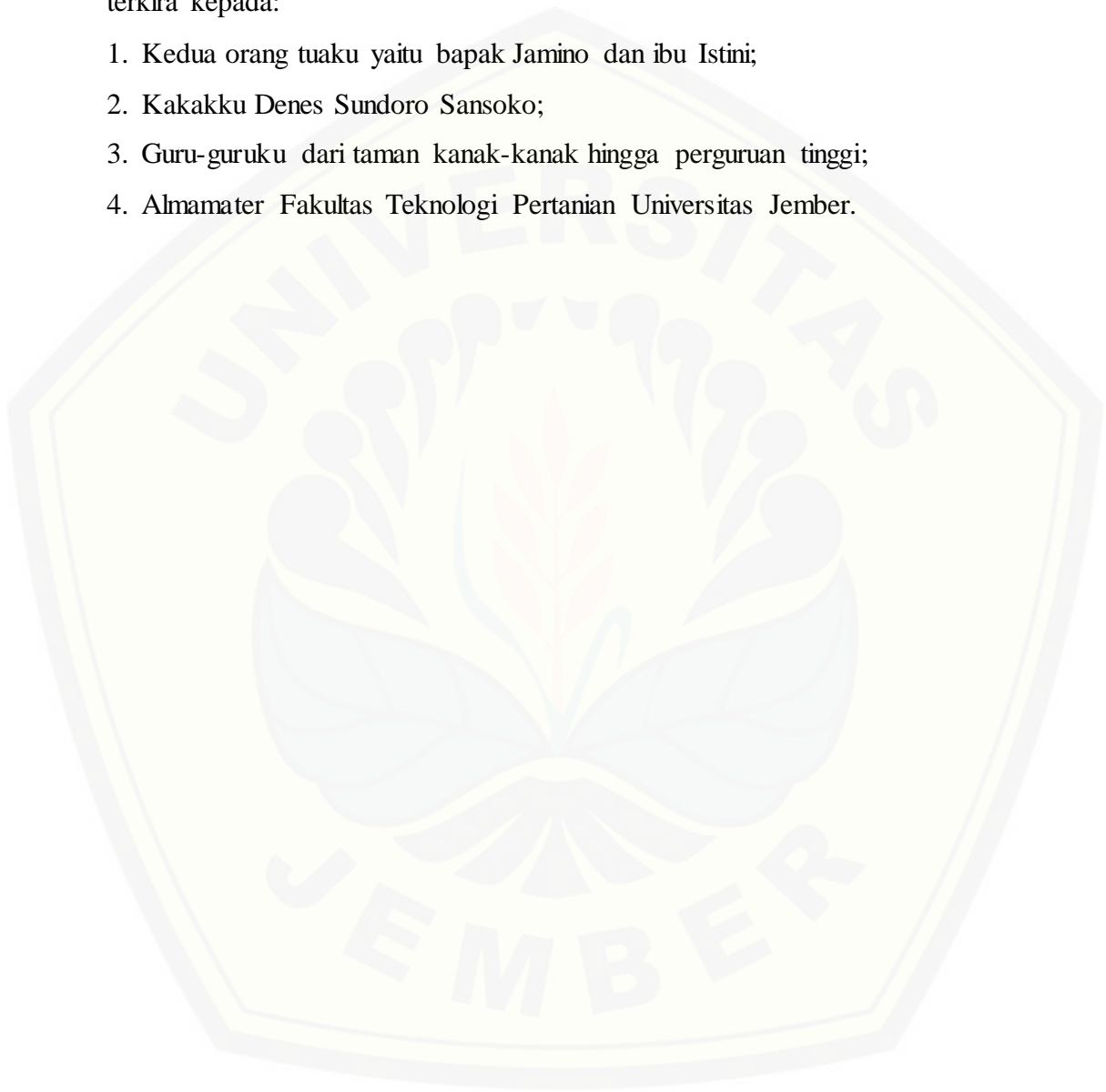
Oleh :
Intan Permata Sari
NIM 151710201119

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terima kasih saya yang tidak terkira kepada:

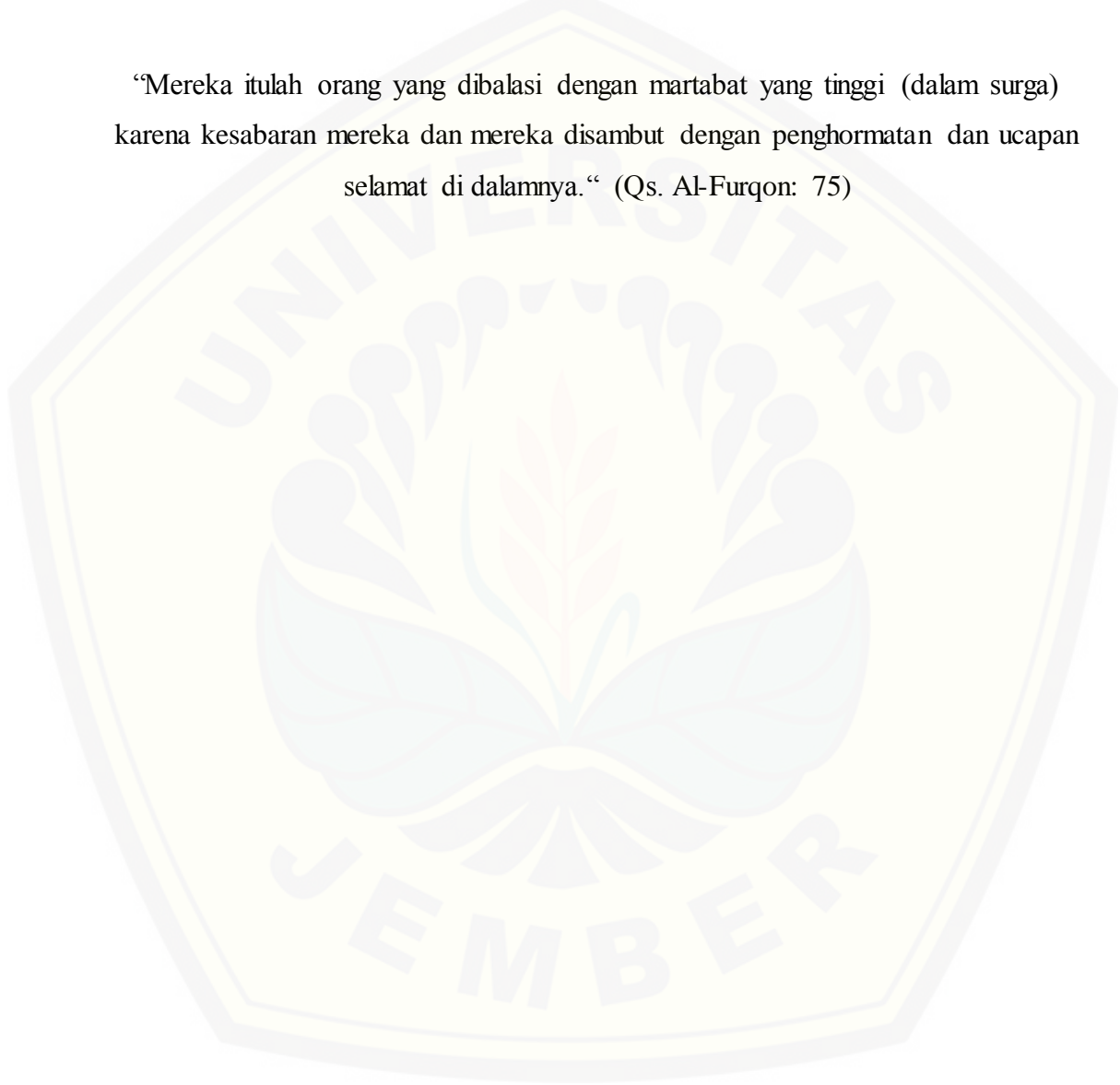
1. Kedua orang tuaku yaitu bapak Jamino dan ibu Istini;
2. Kakakku Denes Sundoro Sansoko;
3. Guru-guruku dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

‘Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan’
(terjemahan Surat *Al-Insyirah* ayat 5-6)

“Mereka itulah orang yang dibalasi dengan martabat yang tinggi (dalam surga) karena kesabaran mereka dan mereka disambut dengan penghormatan dan ucapan selamat di dalamnya.“ (Qs. *Al-Furqon*: 75)



^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 2015. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: CV. Darus Sunnah.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Intan Permata Sari

NIM : 151710201119

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Penanganan Limbah Cair Hasil Pengolahan Edamame Menggunakan Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Data-data penelitian yang terdapat pada karya tulis ilmiah ini dapat digunakan untuk kepentingan publikasi dan sepenuhnya milik Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2019

Yang menyatakan.

Intan Permata Sari

NIM 151710201119

SKRIPSI

**PENANGANAN LIMBAH CAIR HASIL PENGOLAHAN EDAMAME
MENGUNAKAN FITOREMEDIASI KAYU APU (*Pistia Stratiotes* L.)**

Oleh

Intan Permata Sari

NIM 151710201119

Pembimbing

Dosen Pembimbing Umum : Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penanganan Limbah Cair Hasil Pengolahan Edamame Menggunakan Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.

Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.

NIP 197311301999032001

NIP 197211301999032001

Tim penguji,

Penguji Utama

Penguji Anggota

Bayu Taruna Widjaja P., S.TP., M. Eng., Ph.D.

Dr. Dedy Wirawan S., S.TP.,M.Si.

NIP. 198410082008121002

NIP. 197407071993031001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.

NIP 196809231994031009

RINGKASAN

Penanganan Limbah Cair Hasil Pengolahan Edamame Menggunakan Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.); Intan Permata Sari, 151710201119; 2018; 56 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Edamame yang memiliki nama latin *Glycin max* (L) Merrill atau yang biasa disebut sebagai Kedelai Jepang. Edamame sering diolah menjadi *frozen* edamame. Proses pengolahan *frozen* edamame membutuhkan air dengan jumlah yang besar untuk proses pencucian, perebusan, dan perendaman edamame. Air hasil pengolahan *frozen* edamame memiliki pH yang tinggi yaitu sebesar 8,06 terdapat penambahan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ dalam pengolahan edamame menimbulkan bau yang sangat menyengat. Jika limbah dibuang langsung ke lingkungan limbah dapat menimbulkan pencemaran lingkungan.

Salah satu metode penanganan limbah cair yang relatif murah, mudah diaplikasikan, dan ramah lingkungan adalah proses fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu. Tujuan penelitian ini adalah (1) mengetahui karakteristik limbah cair hasil pengolahan edamame (2) mengetahui efisiensi penurunan parameter kualitas air limbah cair hasil pengolahan edamame menggunakan perlakuan aerasi (LA), dan tanpa perlakuan aerasi (LF). Perbandingan penelitian menggunakan limbah tanpa perlakuan sebagai kontrol (Ko). Beberapa parameter yang diuji meliputi kekeruhan, TSS, TDS, pH, BOD, COD, dan nitrogen. Setiap perlakuan menggunakan limbah cair sebanyak 10 liter dan kayu apu 300 gram dengan densitas 0,3 g/mL.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa menggunakan teknik fitoremediasi dapat menurunkan beban polutan yang terdapat dalam limbah. Hal ini diketahui dengan adanya penurunan pada parameter kekeruhan, TDS, TSS, pH, COD, BOD, dan nitoregen pada kedua perlakuan yaitu LF dan LA. Perlakuan LA menghasilkan efisiensi penurunan yang lebih baik dari perlakuan LF. Hasil

efisiensi perlakuan LA yaitu pH sebesar 5%, Kekeruhan sebesar 97%, TDS sebesar 73%, TSS sebesar 94%, COD sebesar 57%, BOD sebesar 62%, dan Nitrogen sebesar 98%. Berdasarkan hasil uji ANOVA menyatakan bahwa kemampuan tanaman kayu apu menurunkan polutan limbah berdasarkan parameter kualitas air pada perlakuan LA terdapat beda nyata dibandingkan perlakuan LF.



SUMMARY

Wastewater Treatment of Frozen Edamame Processing using Water Cabbage (*Pistia Stratiotes* L.) Phytoremediation; Intan Permata Sari, 151710201119; 2019; 56 pages; Department of Agricultural Engineering; Faculty of Agricultural Technology; Jember University.

Edamame *Glycin max* (L) Merrill commonly referred to as Japanese soybeans. Edamame is often processed to be frozen edamame. The processing of frozen edamame needs a high quantity of water to wash, boil, and soak edamame. Wastewater from this processing has a high pH of 8,06 because of the addition of $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ in the processing of edamame which caused a very strong odor. If wastewater is discharged directly into the environment it can cause environmental pollution.

One of the methods of wastewater treatment that is relatively cheap, easy to apply, and environmentally friendly is phytoremediation using water cabbage. The purpose of this research is (1) To know the characteristics of edamame wastewater (2) To find the efficiency of wastewater treatment using aeration (LA), and without aeration (LF). Comparative research is using wastewater without treatment as a control (Ko). Some of the tested variables include turbidity, TSS, TDS, pH, BOD, COD, and nitrogen. Each treatment uses 10 liters of wastewater and 300 grams of water cabbage with a density of 0.3 g/mL.

The results showed that phytoremediation treatment can reduce the pollutant load in wastewater. It is known from the decline in turbidity, TDS, TSS, pH, COD, BOD, and Nitrogen variables both of LF and LA treatments. The LA treatment resulted in better-decreased efficiency than the LF treatment for pH 5%, turbidity 97%, TDS 73%, TSS 94%, COD 57%, BOD 62%, and Nitrogen 98%. The results of the ANOVA test stated that the ability of water cabbage to reduce waste pollutants based on the water quality variables show that there are significant differences between LA and LF treatments.

PRAKATA

Puji Syukur ke hadirat Allah SWT., atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Penanganan Limbah Cair Hasil Pengolahan Edamame Menggunakan Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Tim Penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini;
5. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si. selaku Anggota Tim Penguji dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini;
6. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
7. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan lainnya;
8. Kedua orang tua saya, Ayahanda Jamino dan Ibunda Istini tercinta yang selalu memberikan semangat dan doa setiap waktu;

9. Kakak saya, Denes Sundoro Sansoko yang selalu mendukung saya setiap waktu;
10. Teman-teman satu tim penelitian kualitas air 2015 (Halim, Ulfa, Iqo, Bagas, Zulfrida, Fila, Sahna, Ina, Yunus, Elinda). Terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya;
11. Teman-temanku TEP-B dan teman seangkatan 2015 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terima kasih atas nasihat serta motivasinya;
12. Sahabat-sahabat (Rindy, Maghfira, Bian, Dinda), terima kasih atas segala bantuan dan semangat yang sudah diberikan;
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

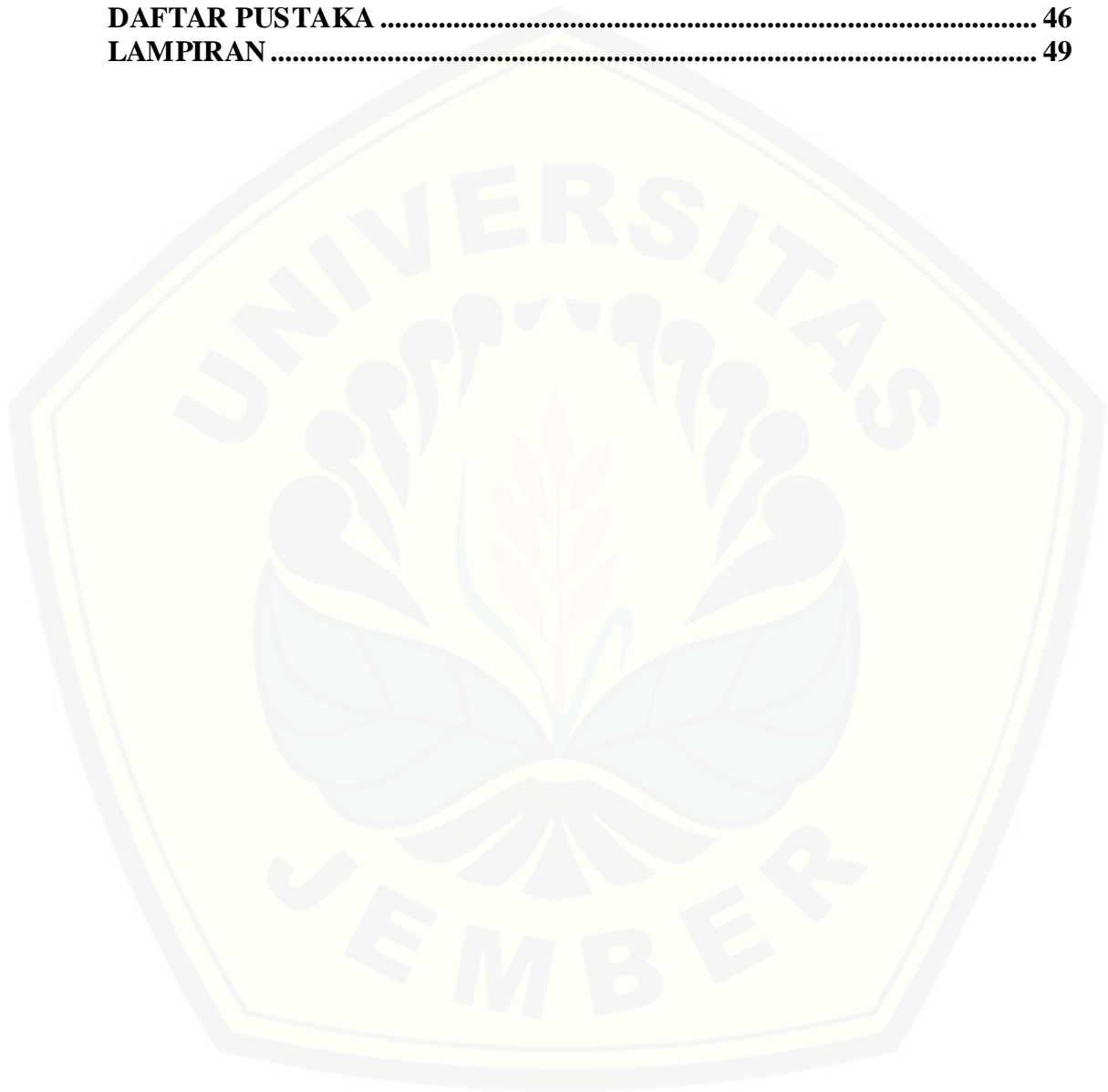
Jember, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING.....	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN/SUMMARY	vii
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengolahan <i>Frozen</i> Edamame	5
2.2 Limbah Cair Hasil Proses Pengolahan Edamame	9
2.3 Fitoremediasi.....	10
2.4 Proses Fisika	10
2.5 Aerasi.....	11
2.6 Kayu Apu (<i>Pistia stratoites</i> L.)	12
BAB 3. METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	14
3.3 Diagram Alir Penelitian	15
3.3.1 Pembuatan Akuarium.....	15
3.3.2 Aklimatisasi Tanaman Kayu Apu.....	17
3.3.3 Pengukuran Karakteristik Awal	17
3.3.4 Pengambilan Data	17
3.3.5 Pengukuran Parameter Pengamatan.....	18
3.3.6 Metode Analisis	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Karakteristik Limbah Cair Pengolahan Edamame.....	28
4.2 Parameter Kualitas Air dan Nilai Efisiensi Parameter Kualitas Air.....	30
4.2.1 Pengukuran Parameter Fisika	30

4.2.2 Pengukuran Parameter Kimia	35
4.2.3 Analisis Nilai Efisiensi Parameter Kualitas Air.....	44
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	49



DAFTAR TABEL

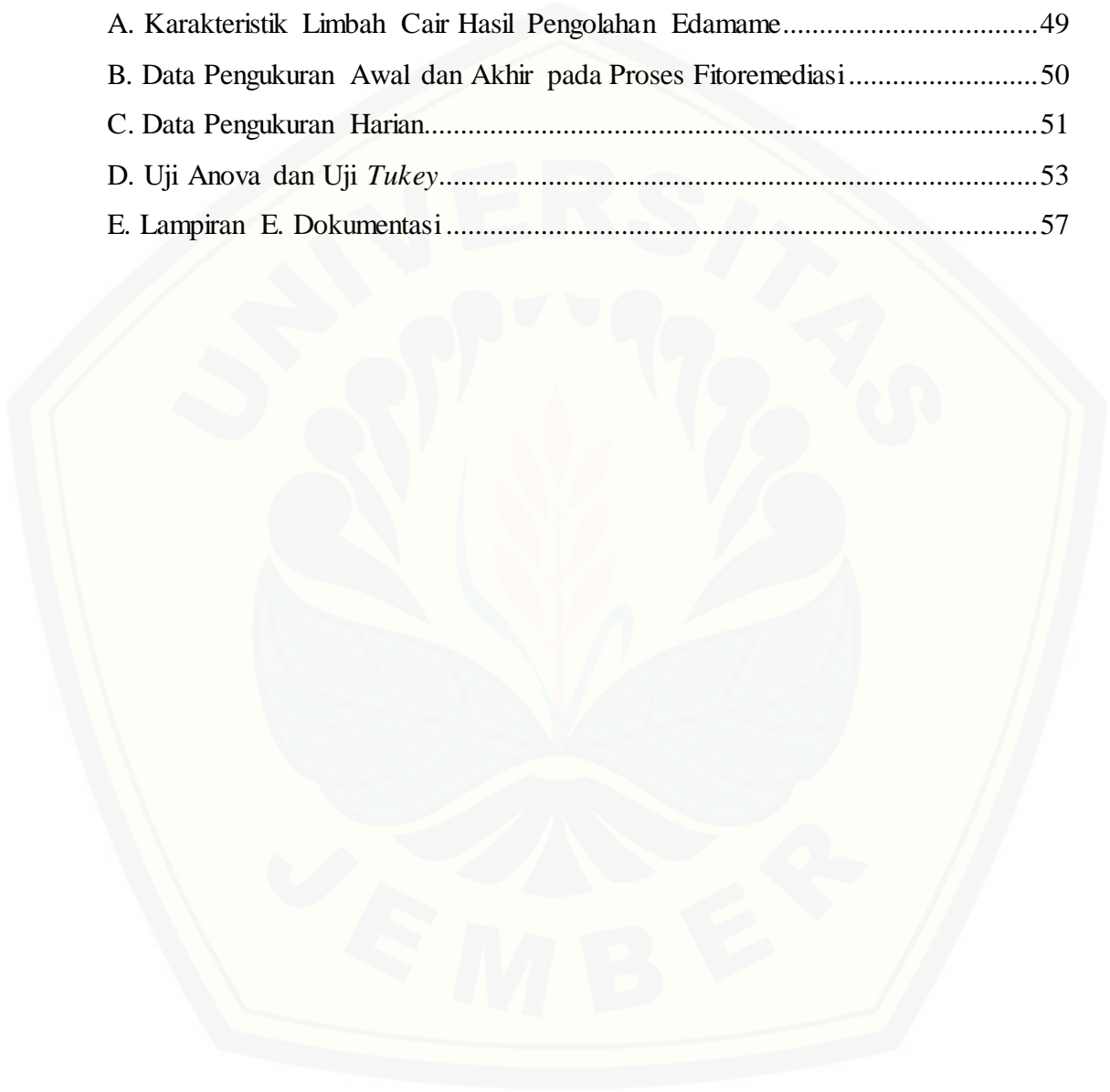
	Halaman
2.1 Baku mutu air limbah pengolahan edamame.....	9
3.1 Rancangan penelitian.....	16
4.1 Hasil analisis limbah cair perendaman edamame	27
4.2 Perhitungan penurunan nilai kekeruhan setiap perlakuan.....	31
4.3 Hasil analisis nilai kekeruhan setiap perlakuan.....	31
4.4 Hasil analisis nilai TSS setiap perlakuan	31
4.5 Hasil analisis nilai TDS setiap perlakuan.....	31
4.6 Perhitungan penurunan nilai pH setiap perlakuan.....	35
4.7 Hasil analisis nilai pH setiap perlakuan	35
4.8 Perhitungan penurunan nilai COD setiap perlakuan.....	37
4.9 Hasil analisis nilai COD setiap perlakuan.....	38
4.10 Perhitungan penurunan nilai BOD setiap perlakuan.....	39
4.11 Hasil analisis nilai BOD setiap perlakuan.....	40
4.12 Perhitungan penurunan nilai nitrogen setiap perlakuan.....	41
4.13 Hasil analisis nilai nitrogen setiap perlakuan.....	42
4.14 Nilai efisiensi penurunan setiap parameter.....	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Diagram alir pembuatan edamame rebus	5
2.2 Tanaman kayu apu.....	11
2.3 Mekanisme akumulasi logam berat.....	12
3.1 Rancangan akuarium.....	15
4.1 Sampel limbah cair Pengolahan Edamame	25
4.2 Data pengukuran nilai kekeruhan.....	29
4.3 Data pengukuran nilai TSS.....	30
4.4 Data pengukuran nilai TDS	30
4.5 Diagram efisiensi penurunan tiap perlakuan.....	30
4.6 Data pengukuran nilai pH.....	35
4.7 Kondisi tanaman pada perlakuan LF dan LA.....	31
4.8 Diagram efisiensi penurunan COD	37
4.9 Diagram efisiensi penurunan BOD	39
4.10 Diagram efisiensi penurunan nitrogen.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Karakteristik Limbah Cair Hasil Pengolahan Edamame.....	49
B. Data Pengukuran Awal dan Akhir pada Proses Fitoremediasi.....	50
C. Data Pengukuran Harian.....	51
D. Uji Anova dan Uji <i>Tukey</i>	53
E. Lampiran E. Dokumentasi.....	57



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Edamame yang memiliki nama latin *Glycin max* (L) Merrill atau yang biasa disebut sebagai Kedelai Jepang, merupakan jenis tanaman sayuran yang bentuknya hampir sama dengan tanaman kacang kedelai, namun terdapat perbedaan yaitu ukuran edamame lebih besar dibandingkan dengan kacang kedelai biasa. Edamame biasa dikonsumsi dalam bentuk polongan yang sudah direbus. Jenis tanaman edamame yang pernah dikembangkan di Indonesia yaitu jenis Ocumani, Tsuronoko, Tsurumidori, Taiso, dan Ryokkoh (Samsu, 2001).

Edamame sering diolah menjadi *frozen* edamame. Proses pembuatan *frozen* edamame melalui beberapa tahap mulai dari sortasi, pembersihan, pemisahan ukuran, pencucian, perendaman, perebusan, dan pembekuan. Terdapat beberapa proses yang menghasilkan limbah cair yaitu pada proses pembersihan menggunakan penambahan air untuk membersihkan edamame. Lalu pada proses pencucian menggunakan air yang dicampur dengan larutan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ cairan 50-150 ppm. Pada proses perendaman juga terdapat penambahan larutan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ cairan 50-150 ppm. Pada proses perebusan menghasilkan air hasil perebusan (Yuliana *et al.*, 2013: 4-5).

Proses pengolahan edamame menghasilkan limbah cair. Limbah cair yang mengandung $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ menimbulkan bau yang sangat tajam sehingga bisa mengganggu sistem pernafasan dan iritasi mata. Apabila mengalir ke badan sungai atau meresap ke sumur milik masyarakat dapat berbahaya. Senyawa $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ menghasilkan gas klorin yang cukup beracun, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ dapat dipergunakan sebagai desinfektan namun dalam dosis tinggi dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan lapisan mukosa. Beberapa bentuk cemaran kimia seperti sulfat, klorida (klorin), amonia, nitrat, nitrit, sianida, pestisida dan macam-macam logam/mineral. Berbagai senyawa tersebut terbukti mempunyai efek toksik, bahkan diantaranya bersifat karsinogenik pada manusia (Tabbu dan Hariono, 1991).

Salah satu cara penanganan limbah cair yang mudah, tepat guna, dan ekonomis adalah teknik fitoremediasi. Fitoremediasi adalah sebagai pencuci polutan yang dimediasi oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pada penelitian ini proses fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu. Tanaman kayu apu dipilih karena jumlahnya terdapat banyak di sekitar kita namun sering dianggap sebagai gulma. Tanaman kayu apu dapat memberikan keuntungan bagi perairan yang tercemar. Tanaman kayu apu merupakan jenis gulma air yang sangat cepat tumbuh dan mempunyai daya adaptasi yang baik terhadap lingkungan baru. Sari (1999) menggunakan tanaman kayu apu pada limbah cair tahu, ternyata kayu apu mampu menurunkan kadar COD sebesar 64,7 %, N-total 72,3 % dan P-total sebesar 64,7%. Hal ini membuktikan bahwa kayu apu dapat digunakan untuk mengurangi polutan dalam limbah.

Salah satu penerapan fitoremediasi yang memiliki konstruksi sederhana dan tepat guna dengan menggunakan sistem *batch*. Sistem *batch* merupakan suatu proses pengolahan limbah dengan metode fitoremediasi dengan cara memasukan limbah beserta tanaman secara bersamaan ke dalam reaktor dimana selama prosesnya tidak ada masukan atau *input*. Tanaman fitoremediasi lama kelamaan mengalami kebusukan yang dapat mengakibatkan terganggunya proses penanganan limbah oleh karena itu ditambahkan proses aerasi dan penyaringan. Penyaringan di bagian dasar reaktor untuk menyaring kotoran yang terdapat dalam limbah. Sedangkan aerasi atau penambahan oksigen untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar yang ada di dalam suatu cairan limbah (Laksmi *et al.*, 1993:74). Proses penyaringan akan membantu menyaring dan mengendapkan kotoran yang dapat membantu meringankan kerja akar tanaman. Penambahan oksigen melalui aerasi akan membantu mensuplai oksigen untuk mikroorganisme dan tumbuhan agar dapat bekerja optimal mengurangi beban pencemar dalam limbah. Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan penelitian tentang pengolahan limbah hasil pengolahan edamame menggunakan fitoremediasi kayu apu dengan penambahan proses penyaringan dan aerasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik limbah cair hasil pengolahan edamame?
2. Bagaimana efisiensi penanganan limbah cair hasil pengolahan edamame pengolahan fitoremediasi tanpa perlakuan aerasi dan dengan perlakuan aerasi?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini ruang lingkup masalah dibatasi pada pengukuran parameter harian serta awal dan akhir. Parameter harian berupa tingkat kekeruhan, pH, TDS, dan TSS. Sedangkan untuk parameter awal dan akhir seperti COD, BOD, dan nitrogen.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik limbah cair hasil pengolahan edamame.
2. Menghitung efisiensi penanganan limbah cair hasil pengolahan edamame melalui proses pengolahan fitoremediasi tanpa perlakuan aerasi dan dengan perlakuan aerasi.

1.5 Manfaat Penelitian

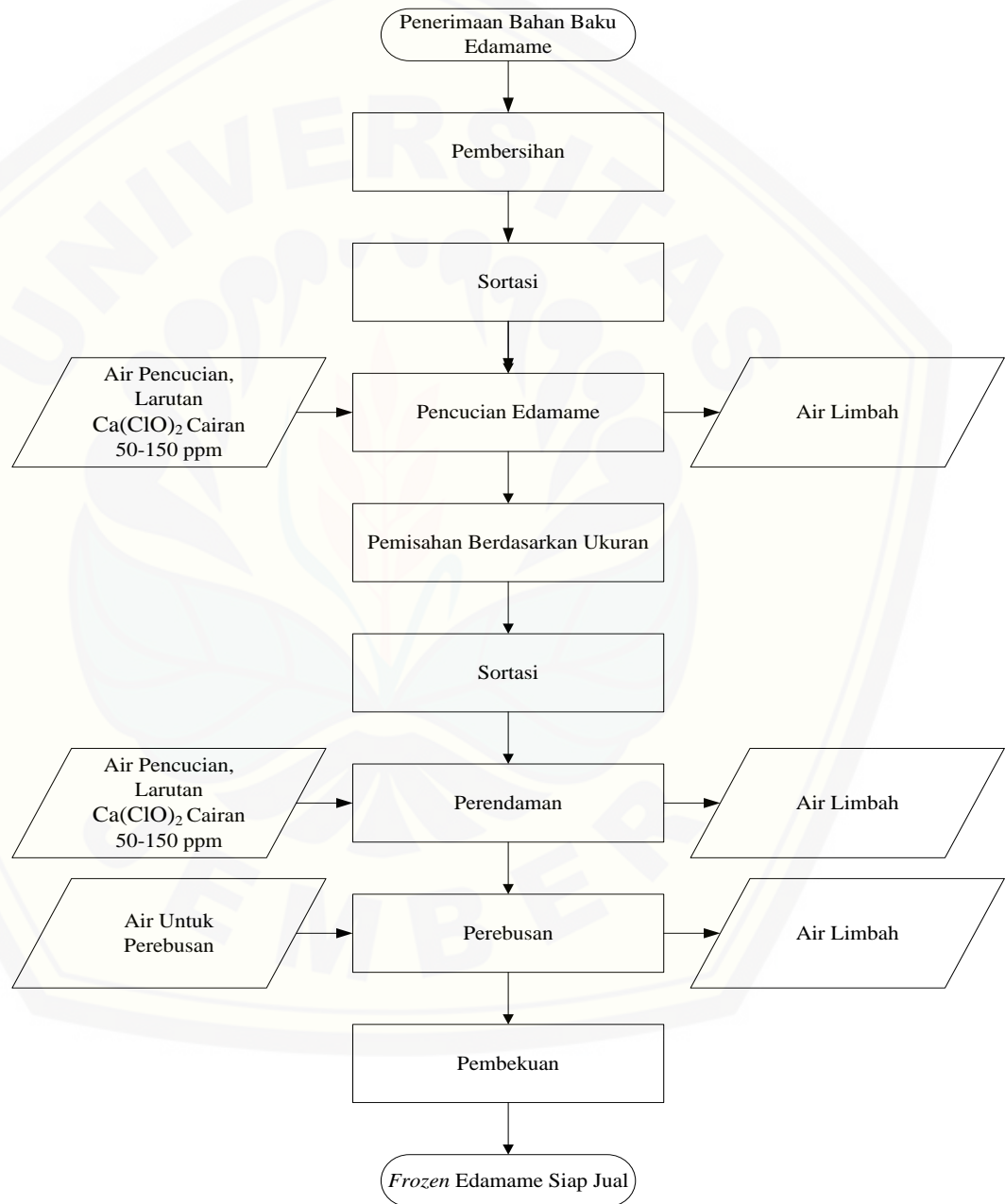
Manfaat penelitian adalah sebagai berikut.

1. Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dapat digunakan sebagai salah satu teknologi pengolahan limbah industri.
2. Bagi masyarakat yaitu memberikan informasi tentang pengelolaan limbah cair hasil pengolahan edamame yang mudah dan ramah lingkungan.
3. Bagi institusi adalah memberikan informasi mengenai hasil analisis kualitas air dari limbah cair hasil pengolahan edamame.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengolahan *Frozen* Edamame

Menurut Yuliana *et al.* (2013: 4-5) prosedur pengolahan edamame ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Diagram alir pembuatan edamame rebus

Berikut adalah penjelasan proses pembuatan edamame berdasarkan Gambar 2.1 (Yuliana *et al.*, 2013: 4-5).

a. Penerimaan

Proses penerimaan diawali dengan pengecekan dan penimbangan terhadap bahan baku yang diterima. Setelah dilakukan pengecekan dan penimbangan, dilakukan penyiraman dengan air untuk mengembalikan kesegaran produk yang selama pengiriman terkena terik matahari.

b. Pembersihan

Pembersihan dilakukan 2 kali. Pada tahapan ini akan dilakukan pemisahan antara edamame dengan benda asing (dedaunan, ranting, dan kotoran lain). Edamame dimasukkan ke dalam konveyor yang bergerak keatas ($\pm 30^\circ$) menuju ruang blower. Konveyor menggunakan belt tipe *flat with strip*. Hembusan dari blower akan memisahkan antara edamame dengan benda asing karena bentuk dan berat edamame yang memungkinkan untuk melewati hembusan blower. Benda asing yang terpisah akan dilewatkan ke saluran pembuangan dan ditampung oleh keranjang. Edamame yang berhasil melewati hembusan blower ditampung pada konveyor 2.

c. Sortasi

Selanjutnya edamame yang berada diatas konveyor pemasukan akan dipindahkan menuju mesin pemisah berdasarkan ukuran. Diatas konveyor pemasukan terdapat konveyor papan rotari untuk membagi edamame yang akan masuk menuju mesin pemisah berdasarkan ukuran.

d. Pencucian Edamame

Selanjutnya bahan baku akan dicuci dalam bak pencucian dengan volume air sekitar 525 liter. Ke dalam bak pencucian ditambahkan larutan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ sebanyak 656 ml atau kadar klorin dalam air 150 ppm. Pencucian dibantu oleh pompa air bertekanan sehingga air berputar. Penambahan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ sebanyak 220 ml dilakukan setiap 50 keranjang edamame hasil pencucian. Pencucian dilakukan dengan tujuan membersihkan edamame dari kotoran yang menempel dan membunuh bakteri.

e. Pemisahan Berdasarkan Ukuran

Proses pemisahan berdasarkan ukuran adalah proses untuk memisahkan bahan baku berdasarkan ukuran. Pemisahan ini dilakukan untuk mendapatkan edamame dengan kualitas yang telah ditetapkan perusahaan. Pada proses ini bahan baku tidak mengalami perubahan bentuk. Pemisahan bahan baku disebabkan adanya getaran dari vibrator motor yang ditempelkan pada badan mesin. Vibrator ini akan menggetarkan badan mesin sehingga bahan akan bergerak maju melewati sekat-sekat dengan jarak antar sekat antara 0.6-0.8 cm. Edamame yang mempunyai ketebalan kurang dari 0.6-0.8 cm akan jatuh dan ditampung dalam keranjang. Edamame yang bagus akan ditampung pada sabuk konveyor untuk kemudian dibawa menuju bak pencucian.

f. Sortasi

Pada tahapan pemisahan berdasarkan standar produk, edamame akan dipisahkan kedalam kelompok-kelompok tertentu. Edamame yang telah bersih akan di sortasi secara manual diatas meja dan sabuk konveyor dilihat dari bentuk, ukuran, jumlah bij, spot coklat dan hitam, karat, terlalu muda atau tua, adanya hama penyakit, dan lain-lain. Edamame yang tidak memenuhi syarat mutu akan dikelompokkan kedalam Bahan Baku Mukimame (BBM), dan sisanya sebagai bahan afkir.

g. Perendaman

Perendaman edamame dilakukan pada bak rendam menggunakan keranjang dengan kadar klorin 150 ppm selama 10-20 menit. Hal ini berfungsi untuk membunuh bakteri yang masih melekat pada edamame. Pergantian air untuk perendaman dilakukan jika keadaan air sudah keruh, pH kurang dari 7, dan kadar klorin kurang dari 100 ppm. Edamame kemudian ditiriskan dan melewati proses administrasi sebelum proses selanjutnya.

h. Perebusan

Perebusan adalah perlakuan pemberian panas pada suatu bahan dengan cara pencelupan pada air panas atau pemberian uap panas. Cara ini dimaksudkan untuk menonaktifkan enzim-enzim dan menghentikan proses oksidasi sel. Pada tahapan ini bahan baku yang akan direbus dicuci terlebih dahulu pada bak pencucian yang didalamnya terdapat konveyor tipe *wire mesh* untuk mengangkat bahan baku

menuju tabung perebusan. Kemudian bahan baku masuk kedalam tabung perebus yang didalamnya terdapat tabung spiral untuk mendorong bahan baku dan pipa steam bersuhu 140°C untuk memanaskan air yang terdapat dalam tabung perebus.

i. Pembekuan

Produk yang telah ditiriskan akan ditempatkan pada konveyor IQF yang berjalan. Konveyor menggunakan tipe *wire mesh* yang memiliki rongga. Kapasitas terpasang dari IQF ini mencapai 2000 kg produk/jam. Lama pembekuan tergantung dari jenis dan ketebalan produk. Untuk edamame sekitar 13 menit. Suhu pusat produk yang diinginkan dari pembekuan ini adalah -18°C atau kurang dari suhu tersebut. Prinsip pembekuan ini adalah pembekuan individu secara cepat. Suhu evaporasi yang digunakan sekitar -40°C . Pembekuan dilakukan dengan teknik *fluidization* yaitu produk seakan terlihat seperti flua yang mengalir karena adanya hembusan dari kipas sentrifugal. Pada teknik ini produk dipertahankan untuk menggantung di udara selama proses pembekuan dengan begitu tidak terjadi pembekuan *block*, yaitu produk yang dibekukan saling menempel. Suhu akhir produk yang diinginkan adalah -18°C atau kurang.

2.2 Limbah Cair Hasil Proses Pengolahan Edamame

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha dan/atau kegiatan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014).

Berikut merupakan baku mutu limbah cair pengolahan kedelai disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku mutu air limbah pengolahan kedelai

No.	Parameter	Satuan	Kadar
1)	Total Padatan Tersuspensi (TSS)	mg/L	200
2)	pH		6,0-9,0
3)	BOD	mg/L	150
4)	COD	mg/L	300

(Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tentang Baku Mutu Air Limbah Cair Pengolahan Kedelai, 2014 : 45)

Limbah cair hasil pengolahan edamame memiliki karakteristik berwarna kuning, dan berbau menyengat. Hal ini dikarenakan selama proses pengolahan terdapat penambahan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Larutan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ sering ditambahkan dalam air es untuk menghambat perkembangan mikroba saat dilakukan proses pembekuan edamame. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ dalam limbah dapat menyebabkan iritasi atau gatal-gatal bila mengenai kulit, sesak pada sistem pernafasan apabila terhirup dalam jangka waktu lama, dan apabila masuk dikonsumsi dalam tubuh akan menyebabkan gangguan sistem pencernaan serta memicu penyakit kanker. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 tahun 2012 tentang Bahan Tambah Pangan, penggunaan klorin dalam makanan dapat menimbulkan gangguan baik jangka pendek maupun jangka panjang utamanya dalam saluran gastrointestinal. Gangguan kesehatan yang terjadi dapat berupa keracunan dan keluhan kesehatan (Kemenkes RI, 2012). Oleh karena itu perlu adanya pengolahan agar air limbah tidak membahayakan bagi lingkungan dan masyarakat.

2.3 Fitoremediasi

Fitoremediasi atau phytoremediation berasal dari bahasa Yunani, kata phyto berarti “tanaman” dan kata *remediare* yang berarti “untuk memperbaiki”. Fitoremediasi merupakan suatu teknik pemulihan lahan tercemar dengan menggunakan tanaman untuk menyerap zat tercemar, mengurangi konsentrasi zat berbahaya. Zat berbahaya tersebut mengandung senyawa organik maupun senyawa anorganik. Proses fitoremediasi dapat dilakukan secara *ex situ*

(menggunakan kolam buatan) atau *in-situ* (langsung di lapangan) pada tanah atau perairan yang terkontaminasi zat tercemar (Nurrandani, 2007).

Menurut Mangkoehardjo (2005) proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan. Secara umum klasifikasi proses sebagai berikut:

1. Fitostabilisasi (*phytostabilization*)

Akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan zat polutan dalam zona akar. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat organik.

2. Fitoekstraksi/fitoakumulasi (*phytoextraction/phytoaccumulation*)

Akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasikan ke dalam organ tumbuhan. Proses ini adalah cocok untuk dekontaminasi zat-zat organik.

3. Rizofiltrasi (*rizhofiltration*)

Akar tumbuhan mengadsorpsi atau presipitasi pada zona akar atau mengadsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar.

4. Fitodegradasi/fitotransformasi (*phytodegradation/phytotransformation*)

Organ tumbuhan menguraikan polutan yang diserap melalui proses metabolisme tumbuhan atau secara enzimatik.

5. Rizodegradasi (*Rhizodegradation*)

Polutan diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat/sinergis oleh ragi, fungi, dan zat-zat keluaran akar tanaman. Proses ini tepat untuk dekontaminasi zat organik.

6. Fitovolatilisasi (*phytovolatilization*)

Penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer.

2.4 Proses Fisika

Proses fisik yaitu proses pengolahan limbah dengan cara mekanis. Salah satu proses pengolahan limbah secara fisik adalah dengan proses penyaringan (filtrasi). Menurut Kristanto (2004:195) penyaringan (filtrasi) merupakan suatu

bentuk metode pengolahan untuk menghasilkan *effluent* limbah dengan efisiensi tinggi. Pada proses penyaringan bertujuan untuk memisahkan senyawa kimia padat dan cair dengan melewati media poros menggunakan prinsip gravitasi sehingga padatan tersuspensi dipisahkan. Ada dua jenis proses penyaringan yang umum digunakan yaitu penyaringan lambat dan penyaringan cepat. Penyaringan lambat yaitu penyaringan yang memanfaatkan energi potensial dari air sendiri, artinya hanya mengandalkan gaya gravitasi. Sedangkan penyaringan cepat adalah penyaringan dengan menggunakan tekanan yang melebihi atmosfer. Media penyaringan yang biasa digunakan yaitu pasir silika dan batu kerikil. Pasir silika adalah batu alam yang baik untuk memfilter lumpur, kotoran, dan mampu menahan hasil oksidasi besi serta mangan. Pasir silika ini banyak digunakan dalam pengolahan air dan limbah, sedangkan batu kerikil berfungsi sebagai pengendap dan menyaring material – material yang besar.

2.5 Aerasi

Fitoremediasi merupakan suatu proses penanganan limbah yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan zat-zat berbahaya yang terlarut di dalam air agar tidak berbahaya ketika di buang ke lingkungan. Selama proses pengolahannya fitoremediasi dibantu oleh mikroorganisme. Mikroorganisme yang berperan aktif dalam fitoremediasi adalah mikroorganisme aerob. Mikroorganisme aerob agar tetap hidup memerlukan oksigen yang cukup. Untuk itu guna menunjang proses fitoremediasi agar mendapatkan hasil yang maksimal perlu penambahan oksigen agar mikroorganisme aerob dapat hidup dengan baik sehingga mampu menguraikan senyawa-senyawa berbahaya yang terdapat dalam limbah. Istilah lain dari proses pengolahan air dengan cara mengontakkan air ke udara adalah aerasi. Aerasi digunakan untuk pengolahan air yang mempunyai kandungan organik atau senyawa berbahaya lainnya dengan kadar yang cukup tinggi. Adanya proses aerasi ini sanggup untuk menyuplai oksigen secara kontinyu sehingga mampu untuk menangani kondisi air limbah yang beban pencemarnya berlebihan (Laksmi *et al.*, 1993:74).

2.6 Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.)

Tanaman kayu apu merupakan jenis gulma air yang sangat cepat tumbuh dan mempunyai daya adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan baru. Tanaman kayu apu yang digunakan dalam proses fitoremediasi disajikan pada Gambar 2.2.

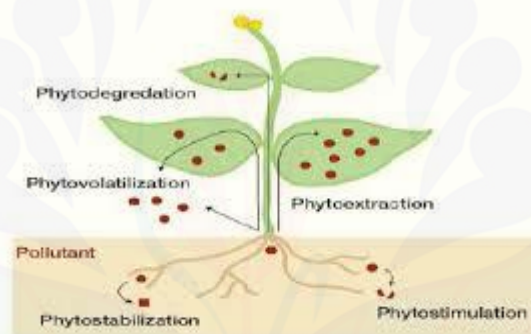


Gambar 2.2 Tanaman kayu apu
(Sumber : Sari, 1999)

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Filicinae
Ordo	: Hydropterides
Famili	: Salviniaceae
Genus	: Pistia
Spesies	: <i>Pistia stratiotes</i> L.

Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) merupakan familia Salviniaceae dari genus Pistia. Kayu apu memiliki dua tipe daun yang sangat berbeda. Daun yang tumbuh di permukaan air berbentuk cuping agak melingkar, berklorofil sehingga berwarna hijau, dan permukaannya ditutupi rambut berwarna putih agak transparan. Rambut-rambut ini mencegah daun menjadi basah dan juga membantu kayu apu mengapung. Daun tipe kedua tumbuh di dalam air berbentuk sangat mirip akar, tidak berklorofil, dan berfungsi menangkap hara dari air seperti akar. Orang awam menganggap ini adalah akar kayu apu. Kayu apu sendiri akarnya (dalam pengertian anatomi) tereduksi. Kayu apu tidak menghasilkan bunga karena termasuk golongan paku-pakuan. Tanaman pengganggu ini dapat digunakan untuk menyerap unsur-unsur toksik pada air limbah (Fachrurozi *et al.*, 2010).

Proses fitoremediasi yang dilakukan oleh tanaman kayu apu melalui beberapa tahap (Sidauruk dan Sipayung, 2015): (1) fitostabilisasi, yaitu tanaman menstabilkan polutan dalam tanah sehingga polutan menjadi tidak berbahaya, (2) fitoekstraksi, yaitu tanaman menyerap dan mengumpulkan logam dalam jaringan tanaman yaitu pada bagian tajuk tanaman, (3) fitofiltrasi, yaitu akar tanaman tumbuh di air yang bercampur dengan endapan logam beracun dan berfungsi sebagai penyaring, (4) fitovolatilisasi, yaitu polutan yang telah diserap oleh tanaman akan diuapkan melalui dedaunan, (5) fitotransformasi, yaitu tanaman akan mendegradasi atau mengubah bentuk atau valensi dari polutan dan memanfaatkannya sebagai unsur hara. Rangkaian proses fitoremediasi disajikan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mekanisme akumulasi logam berat
(Sumber : Surakusumah dan Wahyu, 2012)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Desember 2018 di Laboratorium Teknik Pengendalian Konservasi Lingkungan (TPKL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, serta Laboratorium Kesuburan Tanah, Program Studi Ilmu Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| 1. Aquarium kaca | 12. Gelas Ukur |
| 2. Botol winkler 150 ml dan 300 ml | 13. Gelas beker 50 ml |
| 3. Neraca analitik Ohaus | 14. Jirigen Air |
| 4. Pipet Suntik | 15. Labu ukur 1000 mL |
| 5. Pipet mohr 10 ml | 16. pH Meter |
| 6. Erlenmeyer 1000 ml | 17. COD Reaktor |
| 7. Oven | 18. Buret |
| 8. Desikator | 19. Turbidimeter TN-100 |
| 9. Kertas saring 0,45 μ m | 21. Corong |
| 10. Cawan alumunium | 22. Pipa |
| 11. Spektrofotometer UV-Vis | 23. Aerator |

Bahan yang digunakan pada saat penelitian yaitu :

- a. Limbah cair edamame

Limbah cair hasil pengolahan edamame didapatkan dari PT. Mitra Tani Jember.

- b. Tanaman kayu apu

Tanaman kayu apu didapat di daerah Gumuk Mas Jember.

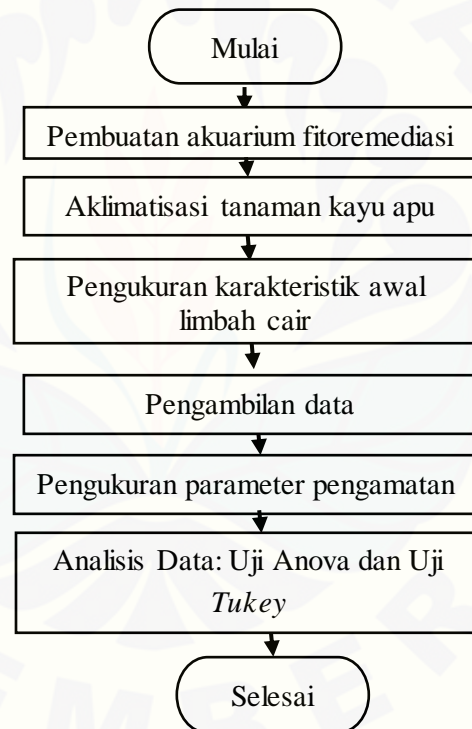
- c. Batu Kerikil, dengan ukuran diameter butir 1,3-3,8 cm

- d. Pasir Silika, dengan ukuran diameter butir 1-2,5 mm

- e. Larutan $MnSO_4$ 36,4%
- f. Larutan H_2SO_4 pekat 98%
- g. Larutan natrium tiosulfat 0,025N
- h. Larutan alkali-iodida-azida 66%
- i. Aquades
- j. Indikator kanji (Amilum)
- k. Reagent COD HR (*Hight Range*) HI93754C-25

3.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 3.1.



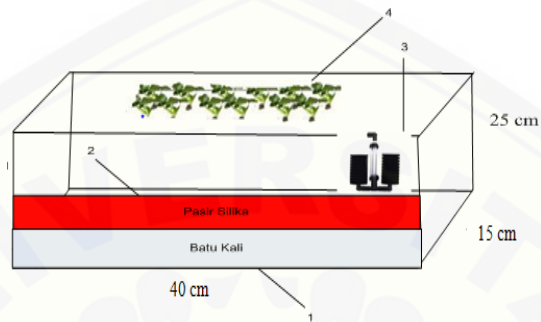
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3.1 Pembuatan Akuarium

Pada penelitian ini menggunakan 3 perlakuan yaitu Ko (limbah tanpa perlakuan apapun). LA (limbah dengan menggunakan penanganan fisik, fitoremediasi, dan aerasi). LF (limbah dengan menggunakan penanganan fisik dan fitoremediasi). Terdapat penambahan aerator hanya pada akuarium LA yaitu

menggunakan aerator VOSSO SN-1200.

Akuarium yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuarium kaca. Akuarium fitoremediasi yang digunakan berukuran panjang 40 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 25 cm. Berikut adalah rancangan akuarium beserta bagiannya dijelaskan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Rancangan akuarium

Keterangan:

1. Batu Kerikil
2. Pasir Silika
3. Aerator
4. Tanaman Kayu Apu

Penanganan fisik dan fitoremediasi dilakukan bersamaan yaitu pada akuarium perlakuan LA dan LF. Pada akuarium LA kerikil dan pasir silika ditempatkan di bagian bawah selain itu ditambahkan aerator ke dalam akuarium untuk proses aerasi. Limbah cair pengolahan edamame yang digunakan pada masing-masing akuarium yaitu sebanyak 10 liter dengan perbandingan 1:1. Tanaman kayu apu yang digunakan untuk masing-masing akuarium sebanyak 300 gram mengacu pada penilitan Novita *et al* (2019). Akuarium LF memiliki susunan yang hampir sama dengan akuarium LA namun tidak terdapat penambahan aerator. Terdapat pengolahan air limbah di bagian bawah yaitu dengan proses penyaringan oleh pasir silika dan batu kerikil. Batu kerikil dan pasir silika yang berada di bagian bawah akan mengendapkan kotoran atau padatan-padatan yang terdapat dalam limbah. Lalu di bagian atas akan terdapat proses pengolahan fitoremediasi oleh tanaman kayu apu. Selain itu pada akuarium LA terdapat penambahan aerator yang dapat mensuplai oksigen agar proses pengolahan fitoremediasi lebih optimal.

3.3.2 Aklimatisasi Tanaman Kayu Apu

Persiapan penelitian dimulai dengan proses aklimatisasi tanaman kayu apu. Tanaman kayu apu yang akan digunakan dalam penelitian harus diaklimatisasi agar tanaman dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Aklimatisasi dilakukan selama 7 hari dengan menggunakan air bersih pada bak berdiameter 46 cm. Aklimatisasi selama 7 hari mengacu pada penilitan Hermawan (2018).

3.3.3 Pengukuran Karakteristik Awal

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui nilai parameter pH, TDS, TSS, kekeruhan, BOD, COD, dan nitrogen.

3.3.4 Pengambilan Data

Pengamatan karakteristik fisik dan kimia limbah cair hasil pengolahan edamame dilakukan selama 14 hari. Tempat pengamatan di laboratorium tanah memiliki akses yang baik terhadap cahaya serta terdapat *insect net* sehingga dapat membantu tanaman selama proses fitoremediasi. Pengamatan dan pengambilan data dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan aerasi pada proses fitoremediasi. Penambahan proses penyaringan pada perlakuan LA dan LF adalah untuk membantu menyaring dan mengendapkan kotoran yang dapat membantu meringankan kerja akar tanaman. Tujuan dari penambahan aerasi pada perlakuan LA adalah membantu mensuplai oksigen untuk mikroorganisme dan tumbuhan agar dapat bekerja optimal mengurangi beban pencemar dalam limbah. Pengamatan ini dilakukan dengan tiga perlakuan dan tiga kali pengulangan untuk masing-masing perlakuan. Berikut merupakan rancangan dari penelitian. Tabel 3.1 merupakan rancangan dari penelitian.

Tabel 3.1 Rancangan penelitian

Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
Ko	Ko 1	Ko 2	Ko 3
LA	LA1	LA 2	LA 3
LF	LF 1	LF 2	LF 3

Keterangan:

Ko : Limbah cair hasil pengolahan edamame tanpa fitoremediasi + tanpa aerasi

LA : Limbah cair hasil pengolahan edamame + tanaman kayu apu + fisik

LF : Limbah cair hasil pengolahan edamame + tanaman kayu apu + fisik + aerasi

3.3.5 Pengukuran Parameter Pengamatan

Penelitian ini menggunakan beberapa parameter untuk mengukur kualitas limbah setelah dilakukan proses fitoremediasi. Beberapa parameter yang diamati adalah sebagai berikut:

a. pH

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Menurut Effendi (2003), bakteri tumbuh dengan baik pada pH netral dan alkalis, sedangkan jamur lebih menyukai pH rendah (kondisi asam). Oleh karena itu, proses dekomposisi berlangsung lebih cepat pada konsisi pH netral dan alkalis. Pengukuran pH ini dilakukan dengan menggunakan pH-Meter dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) pH-Meter dinyalakan.
- 2) Probe pH-Meter dimasukkan ke dalam akuarium air limbah.
- 3) Pada awal pengukuran nilai pH akan berubah-ubah maka harus menunggu hingga bunyi bip, kemudian nilai hasil pengukuran dicatat.
- 4) pH-Meter dimatikan kemudian probe pH-Meter dibersihkan menggunakan aquades.
- 5) Prosedur 1-4 diulangi sebanyak dua kali.

b. TDS

Total Dissolved Solid (TDS) merupakan padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. Padatan terlarut terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang terlarut dalam air dan menunjukkan jumlah kepekatan padatan dalam suatu sampel air yang dinyatakan dalam mg/l (Kristanto, 2004:82). Pengukuran TDS dengan secara gravimetri. Berikut prosedur pengukuran TDS secara gravimetri berdasarkan SNI 06-6989.26-2005:

- 1) Cawan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 103-105⁰C selama 1 jam.
- 2) Cawan dikeluarkan dari oven dan dinginkan dalam desikator.
- 3) Dilakukan penimbangan dengan neraca analitik.
- 4) Langkah 1 sampai 3 diulangi sehingga diperoleh berat tetap (catat sebagai A1).
- 5) Contoh uji sampel dikocok sampai homogen.
- 6) Contoh uji dipipet 50ml sampai dengan 100 ml, contoh uji dimasukan ke dalam cawan.
- 7) Contoh uji yang ada dalam cawan diuapkan hingga kering. Lalu cawan yang berisi padatan total dimasukkan ke dalam oven pada suhu 103-105⁰C selama tidak kurang dari 1 jam.
- 8) Cawan dari oven dipindahkan dengan penjepit dan didinginkan dalam desikator.
- 9) Cawan dikeluarkan dari desikator dan segera ditimbang dengan neraca analitik.
- 10) Langkah 9 diulangi sehingga diperoleh berat tetap (catat sebagai B).
- 11) Perhitungan nilai TDS menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TDS = \frac{(a-b) \times 1000.000}{c} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

TDS : Total padatan terlarut (mg/l)

a. : Berat cawan + residu (mg)

b. : Berat cawan kosong (mg)

c. : Volume sampel air (ml)

c. TSS

Total Suspended Solid (TSS) merupakan jumlah lumpur kering yang terkandung pada limbah setelah terjadi penyaringan dengan menggunakan kertas filter. Penentuan TSS dapat digunakan untuk menentukan efisiensi unit pengolahan air dan digunakan untuk menentukan jumlah padatan yang terdapat pada limbah cair (Sugiharto, 1987: 23). Pengukuran TSS dapat dilakukan dengan beberapa langkah berikut:

- 1) Sampel limbah dan kertas saring disiapkan.
- 2) Kertas saring dimasukkan ke dalam oven selama 1 jam dengan suhu 105⁰C

- 3) Kertas saring didinginkan ke dalam desikator selama 15 menit, kemudian kertas saring ditimbang dengan neraca analitik.
- 4) Ulangi prosedur 2) dan 3) untuk mendapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang $< 0,5$ mg.
- 5) Sampel disaring dengan kertas saring yang sudah dipanaskan.
- 6) Kertas saring setelah penyaringan Dipanaskan ke dalam oven selama 1 jam suhu 105°C .
- 7) Kertas saring didinginkan dalam desikator selama 15 menit.
- 8) Prosedur 6) dan 7) diulangi untuk mendapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
- 9) Kertas saring ditimbang kemudian TSS dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TSS = \frac{(a-b) \times 1000}{c} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

TSS : Total padatan tersuspensi (mg/l)

a : Berat kertas saring + residu (mg)

b : Berat kertas saring (mg)

c : Volume sampel air (ml)

- 10) Data hasil pengamatan diacatat.

d. COD

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan yang digunakan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah tersebut (Kristanto, 2004:88). Pengukuran COD dilakukan dengan menggunakan alat spektrofotometer dengan satuan mg/l. Berikut merupakan tahapan pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) berdasarkan SNI 06-6989.2-2004.

- 1) Blanko dibuat dengan cara penambahan aquades sebanyak 0,2 ml ke dalam tabung reagen HR (*High Range*), kemudian ditutup rapat dan dikocok.
- 2) Limbah cair perendaman edamame diencerkan sebanyak 20x.

- 3) Sampel limbah cair perendaman edamame dibuat dengan cara penambahan limbah cair yang telah diencerkan sebanyak 0,2 ml ke dalam tabung reagen HR (*High Range*), kemudian ditutup rapat dan dikocok.
- 4) Tabung blanko dan sampel dipanaskan selama 2 jam menggunakan COD reaktor pada suhu 150°C.
- 5) Setelah pemanasan selesai, tabung blanko dan sampel didinginkan hingga mencapai suhu ruangan.
- 6) Tabung blanko dan sampel dimasukkan ke dalam kuvet dan dilakukan pembacaan nilai COD menggunakan Spektrofotometer.

e. BOD

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup yang digunakan untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan yang ada didalam air (Kristanto, 2004:87). Menurut Alaerts dan Santika (1987:20), penentuan BOD pada limbah cair diperlukan untuk menentukan bahan pencemaran akibat air buangan dan untuk mendisain pengolahan secara biologis. Pengukuran BOD dilakukan dengan metode Winkler dan memiliki satuan mg/l. Berikut merupakan tahapan pengukuran *Biological Oxygen Demand* (BOD) berdasarkan SNI 6989.72:2009.

- 1) Sampel limbah cair perendaman edamame dimasukkan ke dalam botol Winkler 300 ml.
- 2) Aquades dimasukkan ke dalam botol Winkler tanpa udara hingga penuh.
- 3) Larutan $MnSO_4$ sebanyak 2 ml ditambahkan ke dalam botol Winkler, kemudian didiamkan selama beberapa menit untuk menghomogenkan.
- 4) Larutan alkali iodida-azida sebanyak 2 ml ditambahkan ke dalam botol Winkler, kemudian botol Winkler ditutup dengan hati-hati agar tidak ada udara yang terperangkap.
- 5) Botol Winkler dikocok hingga gumpalan berwarna coklat terbentuk, kemudian diendapkan selama ± 10 menit.
- 6) Larutan yang jernih dikeluarkan menggunakan pipet volumetrik sebanyak ± 100 ml ke dalam erlenmeyer.

- 7) Larutan H_2SO_4 pekat sebanyak 2 ml ditambahkan pada sisa larutan yang mengendap dalam botol Winkler, kemudian botol Winkler ditutup kembali.
- 8) Botol Winkler digoyang-goyangkan hingga endapan terlarut, kemudian seluruh isi botol Winkler dimasukkan ke dalam erlenmeyer.
- 9) Seluruh isi botol Winkler dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N hingga berwarna cokelat muda, kemudian volume titrasi dicatat.
- 10) Indikator kanji ditambahkan sebanyak 1-2 ml (larutan akan menjadi berwarna biru).
- 11) Sampel kembali dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N hingga warna biru menjadi bening untuk pertama kali, kemudian volume titrasi dicatat.
- 12) Seluruh prosedur dilakukan pada hari ke-0 dan ke-5.
- 13) DO_0 dan DO_5 dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$DO = \frac{a \times N \times 8000}{v - 4} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

- DO = oksigen terlarut (mgO_2/l)
 a = volume titran $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml)
 N = normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ek/l)
 v = volume botol Winkler (ml)

- 14) BOD dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$BOD_5 = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P)}{P} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

- BOD_5 = kebutuhan oksigen terlarut (mgO_2/l)
 X_0 = DO sampel pada saat $t = 0$ hari (mgO_2/l)
 X_5 = DO sampel pada saat $t = 5$ hari (mgO_2/l)
 B_0 = DO blanko pada saat $t = 0$ hari (mgO_2/l)
 B_5 = DO blanko pada saat $t = 5$ hari (mgO_2/l)

f. Kekeruhan

Kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang mengakibatkan pembiasan cahaya ke dalam air. Semakin tinggi nilai kekeruhan air, maka semakin tinggi daya hantar listriknya dan semakin banyak padatnya (Kristanto, 2004:80). Prosedur pengukuran kekeruhan adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan sampel limbah air.
- 2) Memasukkan sampel ke dalam botol turbidimeter
- 3) Melakukan pembacaan pada LCD alat dan melakukan 3 kali pengulangan
- 4) Mencatat data hasil pengamatan kekeruhan.

g. Nitrogen (N)

Pengukuran unsur nitrogen dilakukan di Laboratorium Kesuburan Tanah, Program Studi Ilmu Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Berikut merupakan tahapan pengukuran nitrogen (N) berdasarkan Metode Kjeldahl (Alaerts dan Santika, 1987).

- 1) Tahap pertama adalah destruksi sampel. Sampel halus 1,0 g dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl. Menambahkan 1 g campuran selen dan 10 ml H_2SO_4 .
- 2) Destruksi dinyatakan selesai apabila keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih (sekitar 4 jam), kemudian labu diangkat dan didinginkan.
- 3) Ekstrak diencerkan dengan air hingga 50 ml, lalu dikocok sampai homogen dan dibiarkan semalam agar mengendap. Ekstrak jernih digunakan untuk pengukuran N. Tahap selanjutnya adalah pengukuran N.
- 4) Ekstrak sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam labu didih, lalu ditambahkan sedikit serbuk batu didih dan aquades hingga setengah volume labu.
- 5) Penampung NH_3 yang dibebaskan disiapkan, yaitu erlenmeyer yang berisi 10 ml asam borat 1% ditambah dua tetes indikator metil red (berwarna merah) dan dihubungkan dengan alat destilasi.
- 6) NaOH 40% sebanyak 10 ml ditambahkan ke dalam labu didih yang berisi contoh dan ditutup secepatnya. Labu didih tadi didestilasi hingga volume penampung mencapai 50-75 ml (berwarna hijau). Destilat dititrasi dengan HCl 0,05 N hingga berwarna merah muda. Volume titar sampel (V_c) dan blanko (V_b) dicatat kemudian dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar } N - \text{Total } (\%) = (Vc - Vb) \times Mr \times 100 \text{ ml/mg sampel} \times fk \dots (3.5)$$

Keterangan:

Vc = ml titar sampel

Vb = ml titar blanko

N = normalitas larutan baku H_2SO_4

14 = bobot setara N (Mr)

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$.

3.3.6 Metode Analisis

1. Analisis Efisiensi Penanganan

Analisis data beberapa parameter yaitu pH, TDS, TSS, COD, BOD, kekeruhan akan dilakukan dengan *microsoft excel*. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara waktu dan parameter yang diamati. Kemudian dilakukan perhitungan presentase penurunan penyerapan limbah oleh tanaman kayu apu terhadap limbah edamame. Presentase penurunan didasarkan dari masing-masing parameter selama perlakuan. Persamaan perhitungannya adalah:

$$\text{Persentase penurunan} = \frac{\text{awal} - \text{akhir}}{\text{awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.6)$$

Keterangan:

Awal = Nilai parameter sebelum perlakuan

Akhir = Nilai parameter sesudah perlakuan

2. Analisis Uji

Analisis varians atau ANOVA merupakan salah satu teknik analisis multivariate yang berfungsi untuk membedakan rerata lebih dari dua kelompok data dengan cara membandingkan variannya. Analisis varians termasuk dalam kategori statistik parametrik. Dasar perhitungan analisis varians ditetapkan oleh Ronald A. Fisher. Konsep ini didasarkan pada konsep distribusi F dan biasanya dapat diaplikasikan untuk berbagai macam kasus maupun dalam analisis hubungan antara berbagai parameter yang diamati (Saleh, 2001: 283).

Tujuan analisis menggunakan uji ANOVA yaitu untuk mengetahui perbedaan fitoremediasi dengan perlakuan aerasi dengan fitoremediasi dengan perlakuan aerasi. Uji ANOVA yang digunakan untuk analisis adalah ANOVA

Repeated Measure. Menurut Robert dan Torrie (1989), *Repeated Measure* merupakan suatu cara pengukuran dimana setiap karakteristik diukur secara berulang pada waktu berbeda pada subjek yang sama. Tujuan dari *Repeated Measure* adalah untuk mengetahui kecepatan perubahan respon dari suatu periode waktu ke periode waktu lainnya. Selain itu ingin diketahui apakah ada pengaruh interaksi antara perlakuan dan periode waktu. Dalam *Repeated Measure* yang paling penting adalah pola hubungan antara respon pada subjek yang sama dari waktu ke waktu. Biasanya, respon yang diambil dari waktu ke waktu, dalam waktu mingguan, dan bulanan. Taraf signifikansi yang digunakan yaitu sebesar 95% atau 0,05. Hipotesis yang digunakan yaitu H0 atau tidak ada perbedaan yang signifikan fitoremediasi dengan perlakuan aerasi dengan fitoremediasi dengan perlakuan aerasi dan H1 adanya perbedaan yang signifikan antara fitoremediasi dengan perlakuan aerasi dengan fitoremediasi dengan perlakuan aerasi. Kriteria penerimaan hipotesis:

1. Ho diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$
2. Ho ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$

Ketika hasil dari pengujian ANOVA diperoleh kesimpulan H1 diterima maka akan dilakukan uji lanjutan menggunakan Uji *Tukey*. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui letak perbedaan pada ketiga perlakuan. Uji *Tukey* memerlukan satu nilai tunggal untuk menentukan nyata atau tidaknya semua beda pasangan nilai-tengah, oleh karena itu cepat dan mudah digunakan. Hal ini karena hanya membandingkan sepasang-sepasang (Robert dan Torrie, 1989).

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dipaparkan yaitu :

1. Bahan pencemar yang terkandung dalam limbah cair hasil pengolahan edamame belum sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini diketahui dari hasil nilai pengujian parameter pH, TDS, TSS, Kekeruhan, BOD, COD, dan Nitrogen yang belum sesuai dengan baku mutu. Untuk itu perlu dilakukan penanganan limbah agar limbah tidak menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan.
2. Penanganan limbah cair hasil pengolahan edamame dengan perlakuan aerasi, fitoremediasi, dan penyaringan lebih baik dalam menurunkan kadar polutan limbah dari pada perlakuan fitoremediasi dan penyaringan. Hal ini dibuktikan dengan nilai efisiensi penurunan yang lebih unggul di setiap parameter. Penurunan paling besar berturut-turut yaitu pada parameter nitrogen, kekeruhan, TSS, TDS, BOD, COD, dan pH. Nitrogen sebesar 98%, Kekeruhan sebesar 97%, TSS sebesar 94%, TDS sebesar 73%, BOD sebesar 62%, COD sebesar 57%, dan pH sebesar 5%.

5.2 Saran

Berdasarkan kekurangan pada penelitian ini, terdapat beberapa saran yang disampaikan adalah sebagai berikut.

1. Perlu kalibrasi dan penyiapan alat analisis dengan tepat agar tidak mengalami kendala di tengah waktu penelitian.
2. Dalam pengambilan sampel perlu adanya pengadukan sampel agar homogen.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan pengamatan karakteristik tanaman fitoremediasi selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan S.S. Santika. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Barus T. A. 2002. *Pengantar Limnologi*. Medan: USU-Press.
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. *SNI-06-6989.27-2005 Cara Uji Kadar Padatan Total Secara Gravimetri*. Jakarta: Dewan Standarisasi Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. *SNI-06-6989.72-2009 Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/ BOD)*. Jakarta: Dewan Standarisasi Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. *SNI-06-6989.2-2009 Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/ COD)*. Jakarta: Dewan Standarisasi Indonesia.
- Burhanudin, I. 2015. *Analisis Klorin Terhadap Keluhan Iritasi Mata pada Pengguna Kolam Renang Pemerintah di Jakarta Selatan Tahun 2015. Skripsi*. Jakarta: UIN Jakarta.
<http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/28905/1/IBNU%20BURHANUDIN-FKIK.pdf> . [Diakses pada 10 April 2019].
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fachrurozi, M., B. U. Listiatie, dan D. Suryani. 2010. *Pengaruh Variasi Biomassa Pistia stratiotes L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman*. Yogyakarta. *Jurnal Kes Mas*. ISSN : 1978-0575. Vol. 4 (1): 1-75.
- Herlambang, P. dan O. Hendriyanto. Tanpa Tahun. *Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu Apu (PISTIA STRATIOTES L.) dan Genjer (Lkristan IMNOCHARIS FLAVA L.)*. Jawa Timur: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol 7 (2): 100-112.
- Hermawan, A.A.G. 2018. *Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air. Skripsi*. Jember: Universitas Jember Press.
- Kodoatie, J. Robert J. Sjarief, dan Roestam. 2008. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

- Kordi, M. G. H. dan A. B. Tancung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Kristanto, P. 2004. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: ANDI.
- Laksmi, B. S., J. Winiati, dan P. Rahayu. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Manasika, A.P. 2015. Analisis Pengaruh Variasi Densitas *Eceng Gondok (Eichornia Crassipes (Mart.) Solm)* pada Fitoremediasi Limbah Cair Kopi. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember Press.
- Mangkoedihardjo, S. 2005. *Fitoteknologi dan Ekotoksikologi Dalam Desain Operasi Pengomposan*. Surabaya: ITS.
- Novita, E., A. A. G. Hermawan, dan S. Wahyuningsih. 2019. *Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air*. Jawa Timur: Universitas Jember. *Jurnal Agroteknologi*. Vol 13 (01): 19-20.
- Nurrandani, H. 2007. *Fitoremediasi Phospat Dengan Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichornia Crassipes)*. *Jurnal Presipitasi*. Vol. 2 (1): 28-33.
- Nybakken, J. W. 1998. *Biologi Laut*. Jakarta: Gramedia.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. 15 Oktober 2014. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 1815. Jakarta.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2012. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan*. . Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 470. Jakarta.
- Robert, G.D., dan J.H.Torrie. 1989. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Jakarta : PT. Gramedia.
- Saleh S, 2001. *Statistik Induktif*. Yogyakarta : AMP YKPN
- Samsu, H. S. 2001. *Membangun Agroindustri Bernuansa Ekspor: Edamame (vegetable soybean)*. Jember: Graha Ilmu dan Florentina.
- Sari, P. M. 1999. *Studi Pemanfaatan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) untuk menurunkan COD, N dan P pada Air Limbah Pabrik Tahu*. Surabaya: ITS.

<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=26476>. [Diakses pada 26 April 2018].

Sidauruk, L., dan P. Sipayung. 2015. *Fitoremediasi Lahan Tercemar di kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias. Pertanian Tropik*, 2 (2): 178-186.

Sugiharto. 1987. *Dasar – Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Suharto. 2010. *Limbah Kimia dalam Pencemaran Air dan Udara*. Yogyakarta; Andi.

Surakusumah, dan Wahyu. 2012. *Fitoremediasi dan Pembangunan Berkelanjutan*.

http://file.upi.edu/Direktori/FMIPA/Jur._Pend._Biologi/Fitoremediasi_dan_pembangunan_berkelanjutan.pdf. [Diakses pada tanggal 28 April 2019]

Tabbu, C., R., dan B. Hariono. 1991 . *Pencemaran lingkungan oleh limbah peternakan dan pengolahannya* . Jogja: FKH UGM

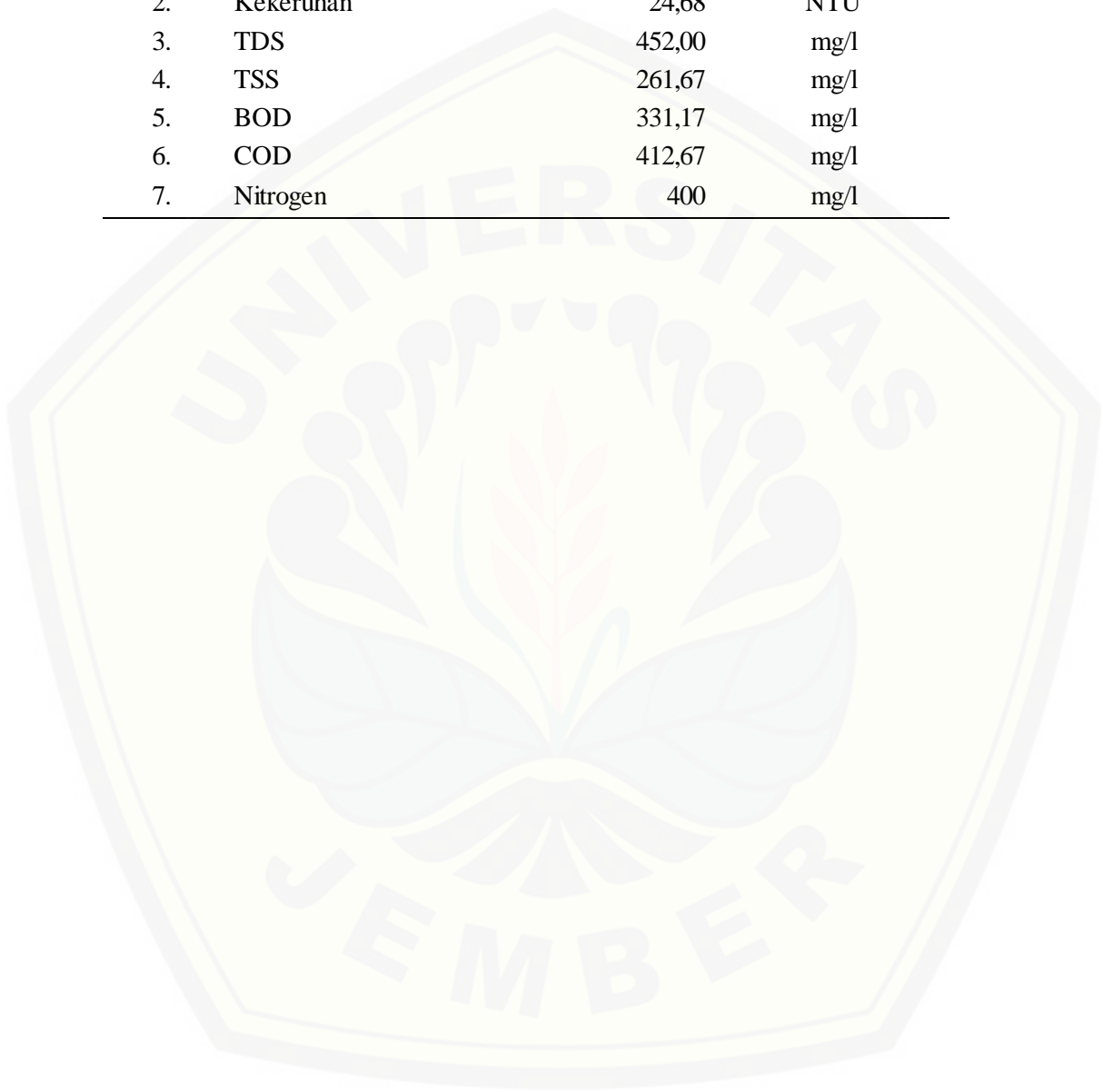
Ulliaji A., T. Joko, dan H., L., Dangiran. 2016. *Efektivitas Variasi Dosis Kaporit dalam Menurunkan Kadar Amoniak Limbah Cair Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang*. Semarang: UNDIP. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol 4(4): 823.

Yuliana A. F., S. Iswono, dan Suhartono. 2013. *Pengendalian Proses Produksi Kedelai Edamame Beku (Frozen Edamame Soybeans) Ppada PT. Mitratani Dua Tujuh Jember*. Jember: UNEJ. [Diakses pada 27 April 2018].

Lampiran A. Karakteristik Limbah Cair Hasil Pengolahan Edamame

Tabel A.1 Karakteristik limbah cair perendaman edamame

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1.	pH	8,067	
2.	Kekeruhan	24,68	NTU
3.	TDS	452,00	mg/l
4.	TSS	261,67	mg/l
5.	BOD	331,17	mg/l
6.	COD	412,67	mg/l
7.	Nitrogen	400	mg/l



Lampiran B. Data Pengukuran Awal dan Akhir pada Proses Fitoremediasi

Tabel B.1 Pengukuran parameter COD

Hari ke-	COD (mg/l)		
	KO	LF	LA
1	412,666	412,666	412,666
14	313,444	198,333	175,888

Tabel B.2 Pengukuran parameter BOD

Hari ke-	COD (mg/l)		
	KO	LF	LA
1	331,17	331,17	331,17
14	290,5	157,7	124,5

Tabel B.3 Pengukuran parameter nitrogen

Hari ke-	COD (mg/l)		
	KO	LF	LA
1	400	400	400
14	18,492	13,845	7,406

Lampiran C. Data Pengukuran Harian

Tabel C.1 Pengukuran parameter pH

Hari ke-	pH		
	KO	LF	LA
0	8,067	8,067	8,067
1	7,433	7,333	7,689
2	7,289	7,656	7,689
3	7,500	7,778	7,656
4	7,967	7,900	7,678
5	7,867	7,856	7,767
6	7,756	7,967	7,789
7	7,989	7,944	7,756
8	8,011	7,811	7,689
9	8,022	7,833	7,811
10	7,944	7,989	7,867
11	8,067	7,911	7,756
12	8,022	7,956	7,833
13	8,200	7,956	7,700
14	7,967	7,878	7,656

Tabel C.2 Pengukuran parameter kekeruhan

Hari ke-	Kekeruhan		
	KO	LF	LA
0	24,681	24,681	24,681
1	24,100	17,498	13,958
2	21,303	8,905	7,856
3	19,111	7,767	6,861
4	16,856	6,712	6,071
5	16,358	6,036	5,880
6	15,939	4,827	5,745
7	11,539	4,062	4,943
8	10,122	3,744	4,132
9	5,600	3,423	3,866
10	5,363	2,781	2,804
11	4,558	2,644	2,527
12	4,350	1,487	0,802
13	4,282	1,418	0,709
14	3,037	0,972	0,625

Tabel C.3 Pengukuran parameter TSS

Hari ke-	TSS		
	KO	LF	LA
0	421,333	421,333	421,333
1	193,333	340,000	175,333
2	87,333	218,000	104,000
3	84,667	76,667	101,333
4	78,667	72,667	76,000
5	74,667	70,667	63,333
6	58,667	70,000	60,667
7	58,667	68,667	56,667
8	58,667	64,000	43,333
9	46,000	53,333	42,000
10	41,333	53,333	36,667
11	37,333	32,000	28,000
12	35,333	29,333	24,667
13	35,333	16,000	19,333
14	34,000	4,667	19,333

Tabel C.4 Pengukuran parameter TDS

Hari ke-	TDS		
	KO	LF	LA
0	452,000	452,000	452,000
1	552,667	452,667	452,667
2	452,000	406,000	383,333
3	422,667	383,333	381,333
4	422,667	354,000	295,333
5	384,667	348,667	315,333
6	325,333	335,333	281,333
7	320,667	320,667	278,667
8	325,333	320,000	267,333
9	297,333	315,333	264,000
10	266,000	282,667	258,000
11	273,333	273,333	253,333
12	264,667	242,000	248,667
13	261,333	228,667	217,333
14	206,000	154,667	121,667

Lampiran D. Uji ANOVA dan Uji Tukey

Tabel D.1 Uji Anova pH

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	,119	2	,060	2,963	,069
Waktu	,848	13	,065	3,236	,005
Error	,524	26	,020		
Total	2565,098	42			

Tabel D.2 Uji Anova kekeruhan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	412,864	2	206,432	35,105	,000
Waktu	930,474	13	71,575	12,172	,000
Error	152,892	26	5,880		
Total	3661,557	42			

Tabel D.3 Uji Tukey kekeruhan

(I) Perlakuan		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	Ko	LF	6,44599*	,916551	,000	4,16846	8,72352
		LA	6,83856*	,916551	,000	4,56103	9,11609
	LF	Ko	-6,44599*	,916551	,000	-8,72352	-4,16846
		LA	,39257	,916551	,904	-1,88497	2,67010
	LA	Ko	-6,83856*	,916551	,000	-9,11609	-4,56103
		LF	-,39257	,916551	,904	-2,67010	1,88497

Tabel D.4 Uji Anova TSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	2968,608	2	1484,304	7,574	,003
Waktu	93933,439	13	7225,649	36,871	,000
Error	5095,243	26	195,971		
Total	290356,667	42			

Tabel D.5 Uji *Tukey* TSS

(I) Perlakuan		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	Ko	LF	16,02381*	5,291110	,015	2,87596	29,17166
		LA	19,21429*	5,291110	,003	6,06644	32,36213
	LF	Ko	-16,02381*	5,291110	,015	-29,17166	-2,87596
		LA	3,19048	5,291110	,820	-9,95737	16,33832
	LA	Ko	-19,21429*	5,291110	,003	-32,36213	-6,06644
		LF	-3,19048	5,291110	,820	-16,33832	9,95737

Tabel D.6 Uji Anova TDS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	20450,672	2	10225,336	22,102	,000
Waktu	263195,124	13	20245,779	43,761	,000
Error	12028,661	26	462,641		
Total	4450743,667	42			

Tabel D.7 Uji *Tukey* TDS

(I) Perlakuan		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	Ko	LF	25,52381*	8,129671	,011	5,32244	45,72518
		LA	54,02381*	8,129671	,000	33,82244	74,22518
	LF	Ko	-25,52381*	8,129671	,011	-45,72518	-5,32244
		LA	28,50000*	8,129671	,005	8,29863	48,70137
	LA	Ko	-54,02381*	8,129671	,000	-74,22518	-33,82244
		LF	-28,50000*	8,129671	,005	-48,70137	-8,29863

Tabel D.6 Uji Anova COD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	5445,975	2	2722,988	1,000	,500
Waktu	50477,796	1	50477,796	18,538	,050
Error	5445,975	2	2722,988		
Total	679401,765	6			

Tabel D.7 Uji Anova BOD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	7715,680	2	3857,840	1,000	,500
Waktu	29513,509	1	29513,509	7,650	,110
Error	7715,680	2	3857,840		
Total	453780,497	6			

Tabel D.8 Uji Anova nitrogen

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	30,991	2	15,495	1,000	,500
Waktu	224365,780	1	224365,780	14479,610	,000
Error	30,991	2	15,495		
Total	480588,502	6			

Tabel D.9 F-tabel`

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05															
df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89

Tabel D.10 *Tukey* tabel

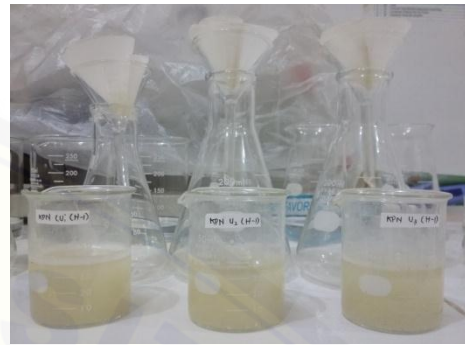
$$\alpha = 0.05$$

<i>k</i> df	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18.0	27.0	32.8	37.1	40.4	43.1	45.4	47.4	49.1
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73
60	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65
120	2.80	3.36	3.68	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56
∞	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47

Lampiran E. Dokumentasi



Penimbangan tanaman eceng gondok menggunakan timbangan digital



Pengukuran TSS menggunakan metode *Gavimetri*



Pengukuran nilai kekeruhan menggunakan *Turbidity meter*



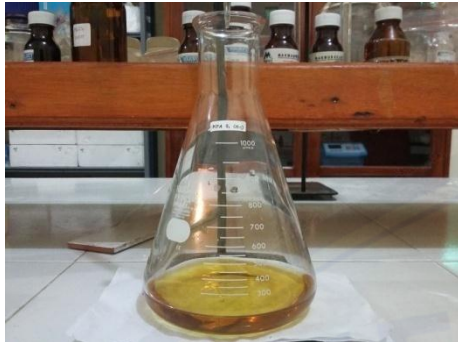
Pengukuran TDS menggunakan metode *Gavimetri*



Pengukuran pH menggunakan Multiparameter



Pengukuran COD menggunakan Spektrofotometer



Pengukuran BOD dengan cara titrasi



Botol inkubasi winkler



Pengukuran nitrogen menggunakan Metode Kedjhal



Penimbangan tumbuhan



Penempatan tumbuhan ke akuarium