



**LAJU PENURUNAN BOD DAN KARAKTERISTIK LIMBAH
CAIR PEREBUSAN KEDELAI PEMBUATAN TEMPE HASIL
PENANGANAN FITOREMEDIASI ECENG GONDOK**

SKRIPSI

Oleh

**Siti Aminatu Zuhria
NIM 131710201060**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**LAJU PENURUNAN BOD DAN KARAKTERISTIK LIMBAH
CAIR PEREBUSAN KEDELAI PEMBUATAN TEMPE HASIL
PENANGANAN FITOREMEDIASI ECENG GONDOK**

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

**Siti Aminatu Zuhria
NIM 131710201060**

Pembimbing :

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

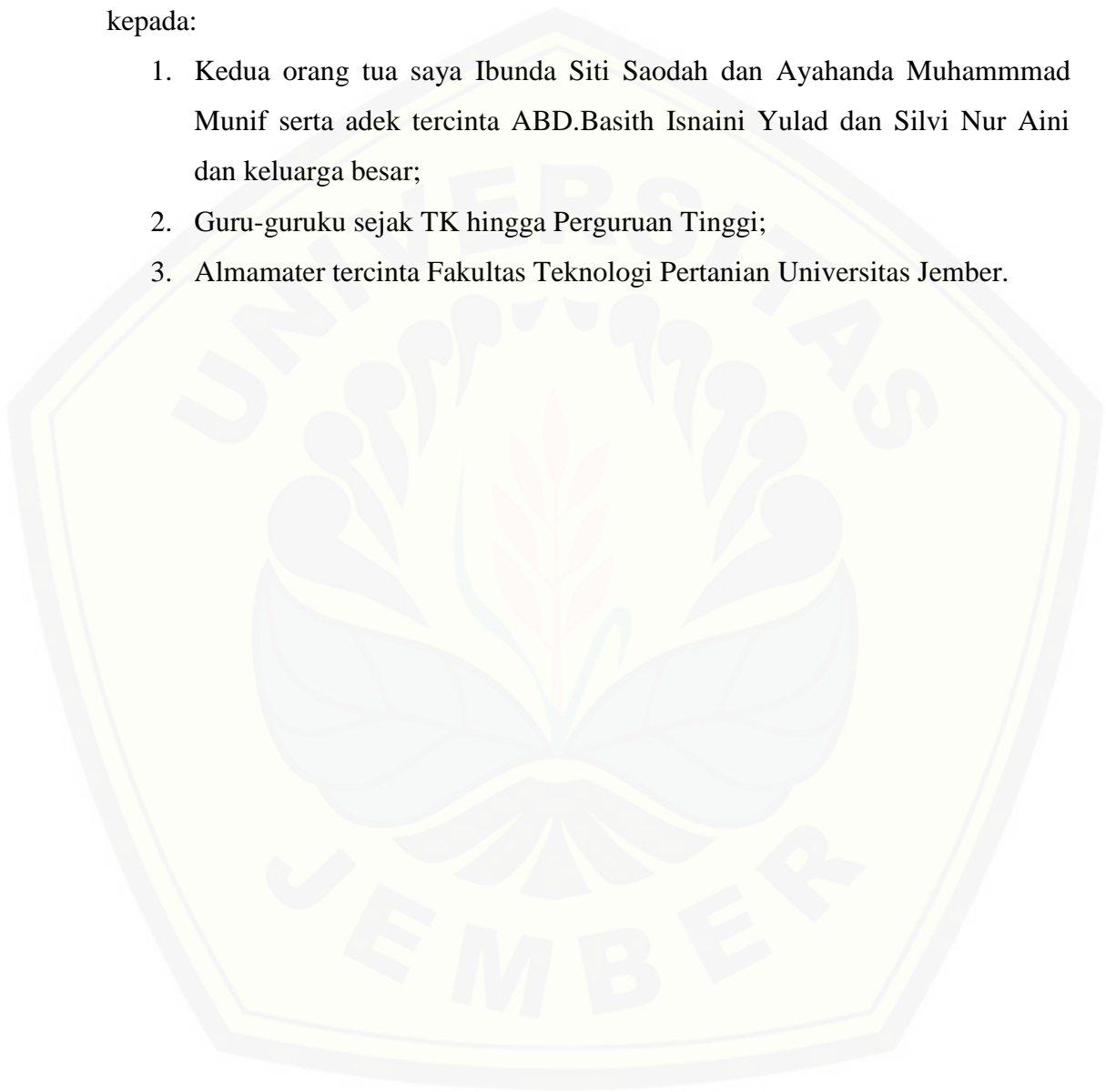
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua saya Ibunda Siti Saodah dan Ayahanda Muhammad Munif serta adek tercinta ABD.Basith Isnaini Yulad dan Silvi Nur Aini dan keluarga besar;
2. Guru-guruku sejak TK hingga Perguruan Tinggi;
3. Almamater tercinta Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

“ Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”

(terjemahan Surat *Al-Mujadalah* ayat11)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat baik bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”.

(terjemahan Al-Qur'an Surat *Al-Baqarah* ayat 216)

“Bila kau tak tahan lelahnya proses belajar, maka kau harus menahan perihnya rasa kebodohan”

(Imam Syafi'i)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Aminatu Zuhria

NIM : 131710201060

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Laju Penurunan BOD dan Karakteristik Limbah Cair Perebusan Kedelai Pembuatan Tempe Hasil Penanganan Fitoremediasi Eceng Gondok” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenarannya isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Adapun data yang terdapat di dalam tulisan ini dan hak publikasi adalah milik Laboratorium Kualitas Air Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

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, 26 Mei 2017

Yang menyatakan,

Siti Aminatu Zuhria
NIM 131710201060

SKRIPSI

**LAJU PENURUNAN BOD DAN KARAKTERISTIK LIMBAH
CAIR PEREBUSAN KEDELAI PEMBUATAN TEMPE HASIL
PENANGANAN FITOREMEDIASI ECENG GONDOK**

Oleh

**Siti Aminatu Zuhria
NIM 131710201060**

Pembimbing :

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Laju Penurunan BOD dan Karakteristik Limbah Cair Perebusan Kedelai Pembuatan Tempe Hasil Penanganan Fitoremediasi Eceng Gondok” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

Hari,tanggal : Selasa, 13 Juni 2017

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Elida Novita,S.TP.,M.T
NIP. 197311301999032001

Dr. Sri Wahyuningsih,S.P.,M.T
NIP.197211301999032001

Tim Penguji

Ketua,

Anggota,

Dian Purbasari,S.Pi., M.Si
NIP.760016795

Dr. Retno Wibmaningrum, M.Si
NIP.196605171993022001

Mengesahkan

Dekan,

Dr.Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Laju Penurunan BOD dan Karakteristik Limbah Cair Perebusan Kedelai Pembuatan Tempe Hasil Penanganan Fitoremediasi Eceng Gondok; Siti Aminatu Zuhria, 131710201060; 2017; 54 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Tempe merupakan salah satu produk olahan makanan berbahan dasar kedelai yang dibuat dengan proses fermentasi (peragian). Proses pembuatan tempe memiliki dampak positif berupa pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat dan dampak negatif berupa limbah cair yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu proses pembuatan tempe yang menghasilkan limbah cair yaitu proses perebusan kedelai. Limbah cair yang dihasilkan mengandung pH asam, padatan tersuspensi dan terlarut, mengalami perubahan karakteristik baik secara fisik, kimia dan biologis. Pada penelitian ini, menggunakan proses penanganan limbah cair perebusan kedelai dengan proses fitoremediasi eceng gondok. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui laju penurunan BOD pada limbah pH asam dan limbah pH penetralan dengan analisis regresi, karakteristik limbah cair perebusan kedelai dengan fitoremediasi eceng gondok, dan mengetahui nilai efisiensi penurunan terhadap parameter penelitian seperti COD, N-Organik, kekeruhan, dan TSS. Penelitian ini terdapat empat perlakuan dengan tiga kali ulangan yaitu limbah pH asli yang bersifat asam dan tanpa tanaman (KPA), limbah pH netral dan tanpa tanaman (KPN), limbah pH asli yang bersifat asam dengan tanaman (LPA), dan limbah pH netral dengan tanaman (LPN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju penurunan BOD dengan proses penetralan dan fitoremediasi yang cukup baik adalah perlakuan limbah pH netral dengan tanaman (LPN). Nilai efisiensi penurunan nilai BOD pada LPN adalah 63,89%. Proses fitoremediasi eceng gondok pH limbah yang bersifat asam dan pH limbah setelah penetralan (7,0) pada perlakuan KPA, KPN, LPA dan LPN mampu menurunkan beban pencemaran diantaranya BOD, COD, N-Organik kekeruhan, dan TSS. Nilai efisiensi penurunan BOD terbaik sebesar 63,89%, COD sebesar 50,09%, N-Organik sebesar 81,01%, kekeruhan sebesar 91,99%, dan TSS sebesar 59,70% .

SUMMARY

BOD Degradation Rate and Boiling Soybean Wastewater Characteristics from Tempe Processing in Water Hyacinth Phytoremediation Treatment; Siti Aminatu Zuhria, 131710201060; 2017; 54 pages; Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology Jember University.

Tempe is one of soybean based food product making with fermentation process. Tempe processing is having positive impact, that was fulfillment of food needs of the community, and the negative impact that was producing wastewater, which can pollute the environment. One of tempe processing can produce wastewater is soybean boiling process. The wastewater contain acid potential of hydrogen (pH), suspended solid, dissolved solid, and occur characteristic changes both physically, chemically and biologically. This study used boiling soybean wastewater with water hyacinth phytoremediation. The purpose of this study was to know BOD degradation rate in acid and neutral pH with regression analysis, characteristic of soybean boiling in water hyacinth phytoremediation treatment, and were to know the efficiency value of parameters such as COD, N-Organik, turbidity, and TSS. This study were consist of four treatments and three replications, these were wastewater with the acid pH without plant (KPA), wastewater with the neutral pH without plant (KPN), wastewater with the acid pH using plant (LPA), and wastewater with the neutral pH using plant (LPN). The result showed that the best BOD degradation with acid and neutral pH and phytoremediation process was the neutral pH using plant (LPN). The efficiency value of BOD degradation in LPN treatment was 63,89%. Water hyacinth phytoremediation process with acid and neutral pH in KPA, KPN, LPA and LPN treatments were able to reduce amount of pollutants in wastewater such as BOD, COD, N-Organik, turbidity, TSS, and TDS. The best efficiency value of BOD 63,89%, COD was 50,09%. N-Organic was 81,01%, Turbidity was 90,98%, TSS was 59,70%, and TDS was 39,21%.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Laju Penurunan BOD dan Karakteristik Limbah Cair Perebusan Kedelai Pembuatan Tempe Hasil Penanganan Fitoremediasi Eceng Gondok”. 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. Prof. Dr.Indarto,S.TP., DEA. Sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Dian Purbasari,S.Pi., M.Si selaku Ketua Tim Penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini ;
5. Dr. Retno Wibmaningrum,M.Si selaku Anggota Tim Penguji yang telah memberikan saran dan pengarahan dalam penyelesaian skripsi ini ;
6. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si. selaku dosen dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian;
7. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
8. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;

9. Pengasuh Pondok Pesantren Al-Yasini Pasuruan dan Keluarga Besar INSANI (Ikatan Santri dan Alumni) Jember, terima kasih atas doa dan semangatnya;
10. Saudara seperjuangan yang selalu menemani dalam suka maupun duka hingga sekarang; Anis, Wahyu, Intan, Ratri, Maya, Virda dan Rizqiyah. Terima kasih atas kesabaran dan ketulusan kalian serta pembelajaran yang kalian berikan.
11. Teman-teman satu tim penelitian kualitas air (Dinda, Niken, Feni, Aisyah, Miftah, Ridwan, Yuwan, Resa, Siti, dan Rif'an), terimakasih bantuan dan kerjasamanya;
12. Teman-temanku TEP- C dan teman seangkatan 2013 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terimakasih atas nasehat serta motivasinya;
13. Teman sekamarku I'anatun nisa dan sahabat-sahabat kosan Kalimantan VIII No 17 terima kasih atas segala bantuan yang sudah diberikan;
14. 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 semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
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 Proses Pembuatan Tempe	4
2.2 Karakteristik Limbah Cair Tempe	5
2.3 Penanganan Limbah Cair	6
2.4 Eceng Gondok	10
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11

3.2 Alat dan Bahan Penelitian	11
3.2.1 Alat.....	11
3.2.2 Bahan.....	11
3.3 Diagram Alir Penelitian	12
3.4 Tahapan Penelitian	13
3.4.1 Perancangan dan Pembuatan Akuarium Penanganan Fisik.....	13
3.4.2 Perancangan dan Pembuatan Akuarium Penanganan Biologi (Fitoremediasi).....	13
3.5 Persiapan Penelitian	14
3.6 Penelitian Pendahuluan	16
3.7 Penelitian Utama	18
3.8 Pengukuran Parameter Karakteristik Limbah Cair	17
3.9 Metode Analisis Data	19
3.9.1 Analisis Efisiensi Penanganan Limbah Cair	19
3.9.2 Analisis <i>Time Series</i>	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Karakteristik Limbah Cair Perebusan Kedelai	21
4.2 Karakterisasi Tanaman Eceng Gondok	21
4.3 Penanganan Limbah Cair Perebusan Kedelai Secara Fisik	23
4.4 Analisis Laju Penurunan BOD	23
4.5 Karakteristik Limbah Cair Perebusan Kedelai Hasil Penanganan Fitoremediasi Eceng Gondok	25
4.5.1 Pengamatan Parameter Kimia	25
4.5.2 Pengamatan Parameter Fisika	29
4.5.3 Pengamatan Karakteristik Tanaman Eceng Gondok.....	33
4.5.4 Efisiensi Penurunan Parameter Penelitian Hasil Penanganan Fitoremediasi	35
BAB 5. Penutup	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37

DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	41



DAFTAR TABEL

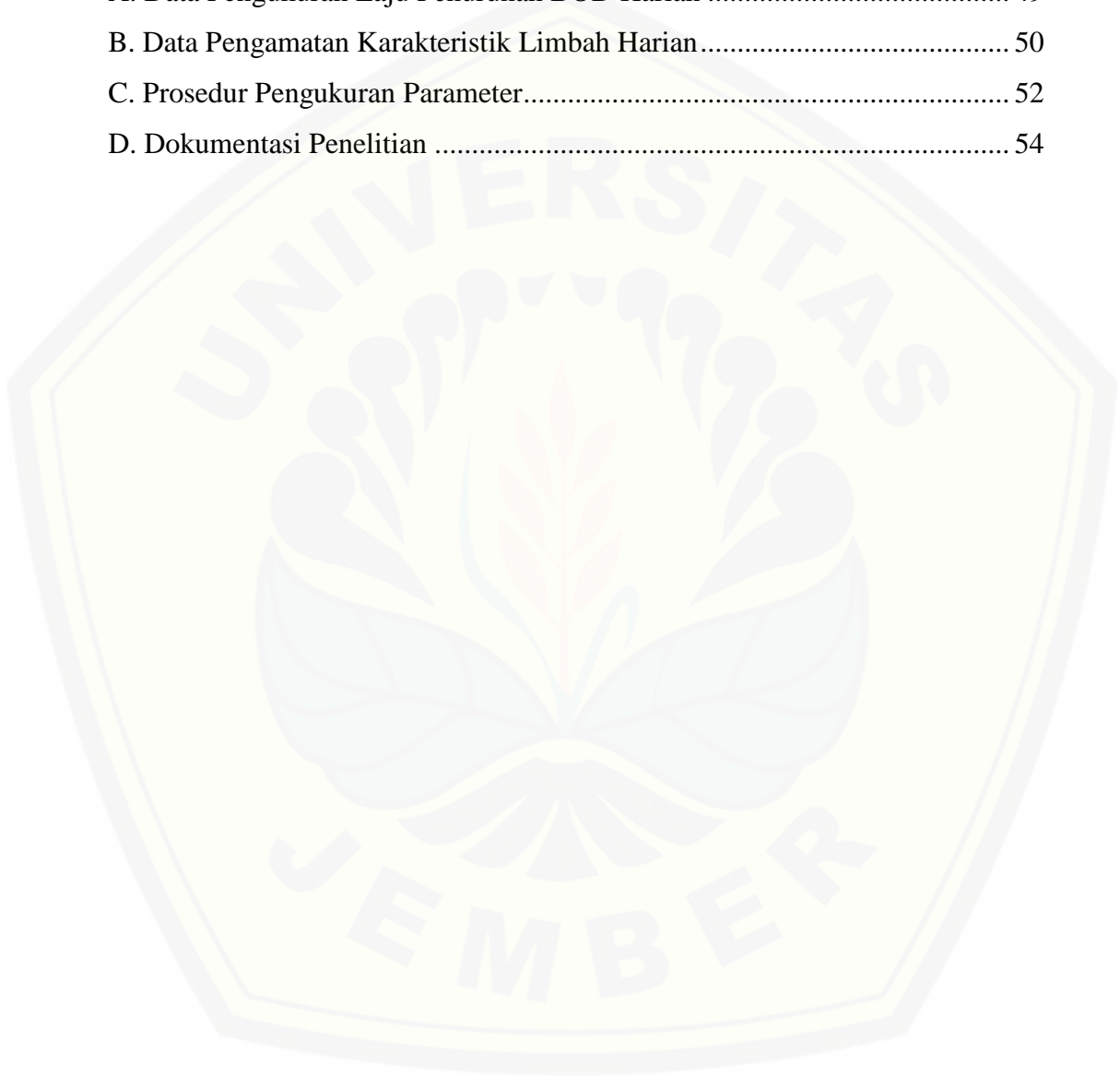
	Halaman
2.1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Pengolahan Kedelai (Tempe)	5
2.2 Analisis Kandungan Limbah Cair Tempe.....	6
3.1 Tabulasi Data Penelitian	19
4.1 Karakteristik Limbah Cair Perebusan Kedelai	22
4.2 Karakterisasi Tanaman Eceng Gondok Penelitian Pendahuluan	23
4.3 Karakteristik Limbah Cair Perebusan Kedelai Penanganan Fisik	25
4.4 Efisiensi Penurunan BOD	27
4.5 Efisiensi Penurunan COD	30
4.6 Efisiensi Penurunan N-Organik	33
4.7 Efisiensi Penurunan Nilai Kekeruhan	35
4.8 Efisiensi Penurunan Nilai TSS.....	37
4.9 Efisiensi Penurunan Nilai TDS	39
4.10 Kemampuan Eceng Gondok Bertahan Hidup Pada Limbah Cair	40
4.11 Data Pengukuran Setiap Parameter	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Diagram Alir Pembuatan Tempe	4
3.1 Diagram Alir Penelitian	14
3.2 Rancangan Akuarium Penanganan Fisik	15
3.3 Rancangan Akuarium Penanganan Biologi (Proses Fitoremediasi)	16
3.4 Mekanisme Aliran Proses Penanganan Limbah Fisik.....	17
4.1 Laju Penurunan Nilai BOD	26
4.2 Nilai Rata-rata pH	29
4.3 Nilai Rata-rata COD.....	30
4.4 Nilai Rata-rata N- Organik.....	32
4.5 Nilai Rata-rata Kekeruhan.....	34
4.6 Nilai Rata-rata TSS	36
4.7 Nilai Rata-rata TDS.....	38
4.8 Karakterisasi Tanaman Eceng Gondok.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data Pengukuran Laju Penurunan BOD Harian	49
B. Data Pengamatan Karakteristik Limbah Harian.....	50
C. Prosedur Pengukuran Parameter.....	52
D. Dokumentasi Penelitian	54



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempe merupakan salah satu produk olahan makanan berbahan dasar kedelai yang dibuat dengan proses fermentasi (peragian). Tempe banyak diminati dan dikonsumsi oleh masyarakat, karena dapat diperoleh dengan mudah, murah dan memiliki kandungan gizi yang tinggi. Proses pembuatan tempe memiliki dampak positif dan dampak negatif. Dampak positif berupa pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat, sedangkan dampak negatifnya yaitu berupa limbah cair yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu proses pembuatan tempe yang menghasilkan limbah cair yaitu proses perebusan kedelai. Berdasarkan penelitian pendahuluan limbah cair yang dihasilkan mengandung pH asam sekitar 2,3- 2,7. Air limbah dari kegiatan industri yang dibuang ke perairan akan mengubah pH air, dan dapat mengganggu kehidupan organisme air. Limbah cair perebusan kedelai juga mengandung padatan tersuspensi dan terlarut, mengalami perubahan karakteristik baik secara fisik, kimia dan biologis serta menimbulkan pencemaran apabila langsung dibuang ke badan sungai.

Salah satu teknik yang dianggap lebih efektif dengan biaya yang relatif murah dan ramah lingkungan dalam penanganan limbah cair adalah proses fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan teknik pemulihan lahan tercemar dengan menggunakan tanaman untuk menyerap zat tercemar, mengurangi konsentrasi zat berbahaya, mentransformasi bahan pencemar, menstabilkan dan mendegradasi zat berbahaya baik itu senyawa organik maupun senyawa anorganik secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan atau *in-situ* (langsung di lapangan) pada tanah atau perairan yang terkontaminasi zat tercemar (Etim, 2012).

Tanaman yang memungkinkan dapat digunakan sebagai remediator perairan yang terkontaminasi limbah adalah eceng gondok. Eceng gondok merupakan salah satu tanaman air yang mampu mengikat logam berat (zat

berbahaya) dikarenakan sistem perakarannya berakar serabut dan jumlahnya relatif lebat karena banyaknya bulu-bulu akar, sehingga mampu mengurangi zat berbahaya pada limbah (Tosepu, 2012). Menurut Setyorini (2015) tanaman eceng gondok dapat menurunkan kandungan BOD dengan nilai efisiensi 95,61%. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok merupakan tanaman yang mampu mereduksi beban pencemaran yang terkandung dalam limbah.

Beban pencemaran yang terkandung dalam limbah cair dapat diketahui dengan mengukur laju penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada air limbah. BOD merupakan jumlah oksigen secara biologis yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik maupun anorganik berbahaya yang terkandung dalam air (Alaerts dan Santika, 1987:159). Menurut Wiryani (2013) kandungan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) limbah cair tempe hasil proses perebusan sebesar 1.302,03. Kandungan nilai BOD pada limbah cair tersebut cukup tinggi, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran dan mematikan ekosistem perairan.

Nilai BOD yang terkandung dalam limbah juga dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH) limbah. Derajat keasaman (pH) yang tidak sesuai atau terlalu fluktuatif terhadap pH lingkungan dapat menurunkan kinerja proses biologi seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD), karena mikroorganisme tidak dapat melakukan metabolisme yang baik sehingga diperlukan penetralkan pH untuk dapat memacu tumbuhnya mikroorganisme yang diinginkan. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan pH limbah asli dari limbah cair perebusan kedelai yang bersifat asam dan pH limbah cair yang dinetralkan. Hal ini dilakukan untuk menentukan efektivitas pH limbah cair yang bersifat asam dan pH yang dinetralkan dengan penanganan fitoremediasi, serta untuk mengetahui karakteristik limbah cair dan efisiensi penurunan zat pencemar pada limbah cair perebusan kedelai hasil fitoremediasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh pH limbah hasil perebusan kedelai yang bersifat asam dan pH limbah setelah penetralan (7,0) terhadap laju penurunan BOD?
2. Bagaimana karakteristik limbah cair perebusan kedelai hasil penanganan fitoremediasi eceng gondok terhadap besarnya nilai efisiensi penurunan pada parameter kekeruhan, TDS, TSS, COD, dan N-Organik?

1.3 Batasan Masalah

Limbah cair proses pembuatan tempe yang digunakan pada penelitian fitoremediasi menggunakan eceng gondok adalah limbah cair yang dihasilkan dari proses perebusan kedelai. Parameter yang digunakan hanya dibatasi pada pengukuran nilai pH, BOD, kekeruhan, TSS, COD dan N-Organik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh pH limbah hasil perebusan kedelai yang bersifat asam dan pH limbah setelah penetralan (7,0) terhadap laju penurunan BOD.
2. Mengetahui karakteristik limbah cair perebusan kedelai hasil penanganan fitoremediasi eceng gondok terhadap besarnya efisiensi penurunan pada parameter kekeruhan, TSS, COD, dan N-Organik.

1.5 Manfaat Penelitian

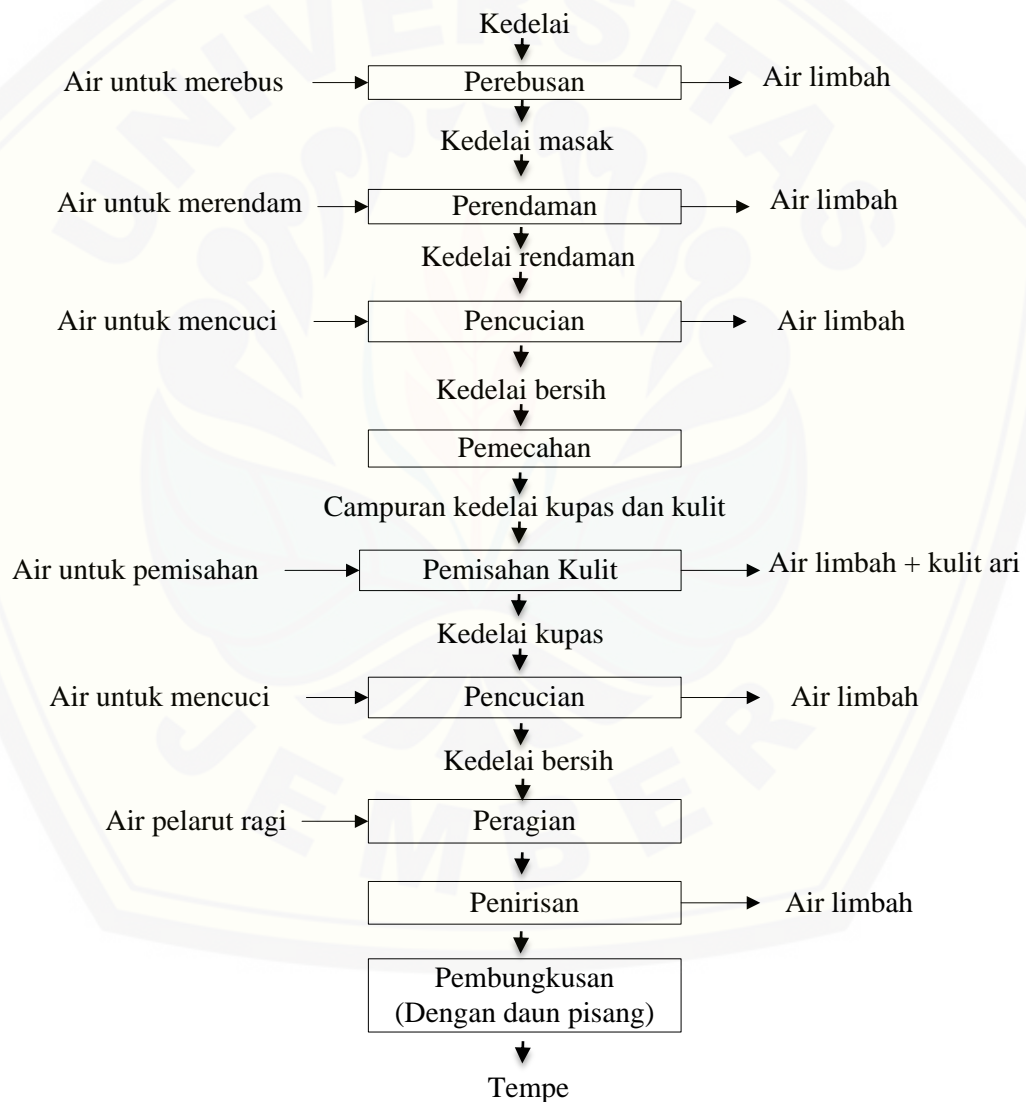
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yaitu salah satu teknologi yang dapat di aplikasikan sebagai upaya menanggulangi masalah limbah industri.
2. Bagi Masyarakat yaitu memberikan informasi tentang pengelolaan limbah cair perebusan kedelai yang mudah diterapkan dan ramah lingkungan.
3. Bagi pemerintah yaitu sebagai upaya untuk mengurangi dampak pencemaran limbah cair dari industri tempe terhadap lingkungan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Proses Pembuatan Tempe

Proses pembuatan tempe memerlukan beberapa tahapan diantaranya perebusan kedelai selama kurang lebih setengah jam, kemudian perendaman kedelai selama satu malam dan fermentasi selama dua hari. Menurut Said dan Herlambang (2003) prosedur pembuatan tempe ditunjukkan pada bagan berikut.



Gambar 2.1 Diagram Alir Pembuatan Tempe

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat diketahui bahwa hampir di setiap tahapan proses pembuatan tempe menghasilkan limbah cair. Setiap proses pembuatan tempe menghasilkan limbah cair sekitar 30 m³ per kwintal (Lutfi, 2017). Limbah cair tersebut dapat mencemari lingkungan, apabila langsung disalurkan ke badan air atau sungai. Derajat keasamaan dari limbah cair juga masih relatif rendah sehingga bersifat korosif. Limbah cair juga mengandung bahan organik yang membutuhkan waktu penguraian oleh mikroorganisme yang relatif lama sehingga akan menimbulkan bau, kematian biota air dan pencemaran sumber air. Berikut ini merupakan baku mutu limbah cair tempe menurut Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (2014) yang disajikan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Pengolahan Kedelai (Tempe)

No.	Parameter	Kadar (mg/ L)	Beban (Kg/ ton)
1)	BOD	150	1,5
2)	COD	300	3
3)	TSS	100	1
4)	pH		6 - 9
5)	Kuantitas air limbah Paling Tinggi (m ³ / ton)		10

(Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, 2014:47)

2.2 Karakteristik Limbah Cair Tempe

Limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan tempe sebagian besar berasal dari proses perebusan dan perendaman. Pada umumnya pekerja pabrik membuang limbah cair dengan mengalirkan ke sungai kecil yang lokasinya tidak jauh dengan lokasi proses pembuatan tempe. Wiryani (2013) menyimpulkan, hasil analisis kandungan limbah cair tempe dianalisis berdasarkan cara American Public Health Assosiation APHA, 1976 yaitu *Standard Methods For The Examination Of Water and Waste Water* dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Analisis Kandungan Limbah Cair Tempe

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah (Gol. IV)	Limbah Cair Dari Rebusan Kedelai (Rata-Rata)	Limbah Cair Dari Rendaman Kedelai (Rata-Rata)
1)	Suhu	⁰ C	45	75	32
2)	TDS	mg/l	5.000	25.060	25.254
3)	TSS	mg/l	500	4.012	4.551
4)	pH	-	5-9	6	4,16
5)	NH ₃ N	mg/l	20	16,5	26,7
6)	NO ₃ N	mg/l	50	12,52	14,08
7)	DO	mg/l	-	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
8)	BOD	mg/l	300	1.302,03	31.380,87
9)	COD	mg/l	600	4.188,27	35.398,87

(Sumber : Wiryani, 2013)

2.3 Penanganan Limbah Cair

Penanganan limbah cair merupakan suatu proses atau cara yang dijadikan untuk menurunkan konsentrasi bahan pencemaran yang terkandung pada limbah cair tersebut sampai pada tingkat kualitas tertentu yang diinginkan. Menurut Kristanto (2004:191-200), secara umum proses yang digunakan pada pengolahan limbah cair dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu.

2.3.1 Proses Fisika

Proses fisika yaitu proses pengolahan limbah secara mekanis. Salah satu proses fisik pada penanganan limbah yaitu proses penanganan limbah secara fisik dengan proses penyaringan (filtrasi). Menurut Kristanto (2004:195) penyaringan (filtrasi) merupakan suatu bentuk metode pengolahn untuk menghasilkan *effluent* limbah dengan efisiensi tinggi. Pada proses penyaringan bertujuan untuk memisahkan senyawa kimia padat dan cair dengan melewati media porous menggunakan prinsip gravitasi sehingga padatan tersuspensi dipisahkan. Ada dua jenis proses penyaringan yang umum digunakan yaitu penyaringan lambat dan penyaringan cepat. Penyaringan lambat adalah penyaringan dengan memanfaatkan energi potensial air itu sendiri, artinya hanya melalui gaya gravitasi. Sedangkan penyaringan cepat adalah penyaringan dengan menggunakan tekanan yang melebihi tekanan atmosfer.

Media penyaringan yang biasa digunakan adalah pasir silika dan batu kali. Pasir silika adalah batu alam yang baik untuk memfilter lumpur, kotoran dan mampu menahan hasil oksida besi serta mangan. Pasir silika ini banyak digunakan dalam pengolahan air dan limbah, sedangkan batu kali berfungsi sebagai pengendap dan menyaring material – material yang besar. Pada proses fisika ada beberapa parameter fisik dalam kualitas air yaitu :

a. *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme dan sebagainya (Kristanto, 2004:82).

b. Kekeruhan

Kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang mengakibatkan pembiasan cahaya kedalam air. Semakin tinggi nilai kekeruhan air, semakin banyak pula padatannya (Kristanto, 2004:80). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat turbidimeter dengan satuan *Nefelometric Turbidity Unit (NTU)* (Effendi, 2003:63).

2.3.2 Proses Kimia

Proses kimia yaitu proses penanganan limbah cair dengan menambahkan bahan kimia kedalam limbah untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar. Pada proses kimia ada beberapa parameter kimia dalam kualitas air yaitu:

a. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel air, dimana pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (Alaerts dan Santika, 1987:149).

b. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara globa

proses –proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air (Alaerts dan Santika, 1987:159).

c. pH

Nilai pH merupakan suatu ekspresi dari konsentrasi ion hydrogen (H^+) di dalam air. Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun konsentrasi ion hidrogen yang baik adalah konsentrasi ion hidrogen dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi ion hidrogen air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH nya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Sugiharto, 1987:31). pH dapat diukur dengan menggunakan pH meter (Effendi, 2003:65).

d. Nitrogen (N)

Nitrogen merupakan unsur hara yang penting untuk pertumbuhan algae dan tumbuhan air lainnya. Konsentrasi nitrogen yang melimpah dapat menstimulasi pertumbuhan dan perkembangan bagi organisme perairan khususnya algae atau fitoplankton bila didukung oleh ketersediaan nutrisi lainnya (Alaerts dan Santika, 1987:187).

Nitrogen di perairan terdapat dalam bentuk gas N_2 , NO_2^- , NO_3^- , NH_3 DAN NH_4^+ serta sejumlah N yang berikatan dalam organik kompleks. Sumber nitrogen terbesar berasal dari udara, sekitar 80% dalam bentuk nitrogen bebas yang masuk melalui sistem fiksasi biologis dalam kondisi aerobik. Salah satu zat yang terkandung dalam air limbah adalah nitrogen organik. Tahap demi tahap nitrogen organik didegradasi menjadi ammonia dan dalam kondisi aerob menjadi nitrit dan nitrat (Mahida, 1993).

2.3.3 Proses Biologi

Proses pengolahan limbah secara biologis adalah memanfaatkan mikroorganisme (ganggang, bakteri dan protozoa) untuk menguraikan senyawa

organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana dan dengan demikian mudah mengambilnya (Kristanto, 2004:200). Salah satu proses biologi pada penanganan limbah yaitu proses fitoremediasi. Menurut Etim (2012) fitoremediasi merupakan suatu teknik pemulihan lahan tercemar dengan menggunakan tanaman untuk menyerap zat tercemar, mengurangi konsentrasi zat berbahaya, mentransformasi bahan pencemar, menstabilkan dan mendegradasi 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.

Menurut Mangkoedihardjo (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 zone akar. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat organik.

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

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

3. Rizofiltrasi (*rhizofiltration*)

Akar tumbuhan mengadsorpsi atau presipitasi pada zone akar atau mengabsorpsi 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 Eceng Gondok

Tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan tumbuhan air yang memiliki kemampuan dalam menstabilkan lingkungan perairan yang tercemar oleh berbagai zat pencemar perairan. Menurut Gerbano dan Siregar (2005) eceng gondok digolongkan sebagai gulma perairan yang mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan dan berkembang biak secara cepat. Tempat tumbuh yang ideal bagi tanaman eceng gondok adalah perairan yang dangkal dan berair keruh, dengan suhu berkisar antara 28-30⁰ C dan kondisi pH berkisar 4-12. Eceng gondok sulit tumbuh di perairan yang dalam dan berair jernih didataran tinggi. Eceng gondok mampu menyerap air dan menguapkannya ke udara melalui proses evaporasi. Tanaman eceng gondok memiliki akar serabut. Akar serabut pada tanaman eceng gondok memiliki cabang-cabang halus dan permukaan akarnya digunakan oleh mikroorganisme sebagai tempat pertumbuhan.

Tanaman eceng gondok dapat digunakan untuk menghilangkan polutan karena fungsinya sebagai sistem filtrasi biologis, menghilangkan nutrisi mineral, menghilangkan logam berat seperti merkuri, timah, kadmium dan nikel. Menurut penelitian Safrizal (2016) biomassa eceng gondok dan akar eceng gondok yang semakin panjang berbanding lurus dengan semakin besarnya nilai efisiensi penurunan konsentrasi limbah air kopi. Hal tersebut menunjukkan bahwa akar pada tanaman eceng gondok mampu mereduksi kandungan zat berbahaya pada limbah cair.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Maret 2017 sampai bulan April 2017 di Laboratorium Kualitas Air Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian dan Laboratorium Kesuburan Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

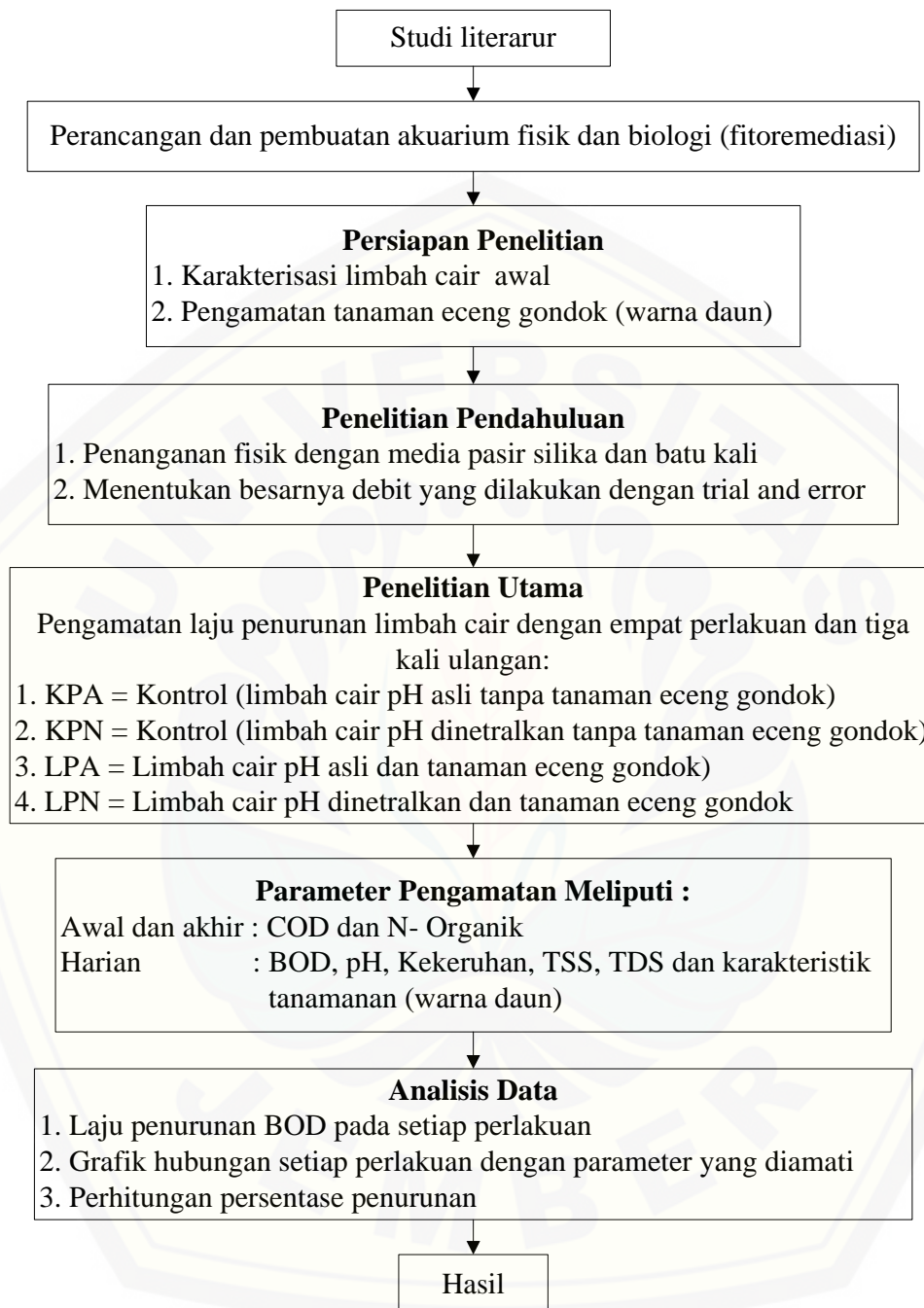
- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| a. Akuarium | l. Labu ukur 1000 mL |
| b. Jirigen 25 liter | m. Beaker glass 50 mL |
| c. Kertas saring 0,45 μ m | n. TDS Meter Hanna |
| d. Spektrofotometer | o. pH Meter |
| e. Cawan aluminium | p. COD Reaktor |
| f. Erlenmeyer 300 mL | q. Oven |
| g. Corong | r. Buret |
| h. Pipet suntik | |
| i. Desikator | |
| j. Turbidimeter TN-100 | |

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- | | |
|---|------------------------|
| a. Limbah cair perebusan kedelai | f. Alkali Iodida Azida |
| b. Tanaman eceng gondok | h. Tiosulfat 0,029 N |
| c. H ₂ SO ₄ pekat | i. Amilum |
| d. Reagen COD | j. Pasir silika |
| e. MnSO ₄ | k. Batu kali |

3.3 Diagram Alir Penelitian

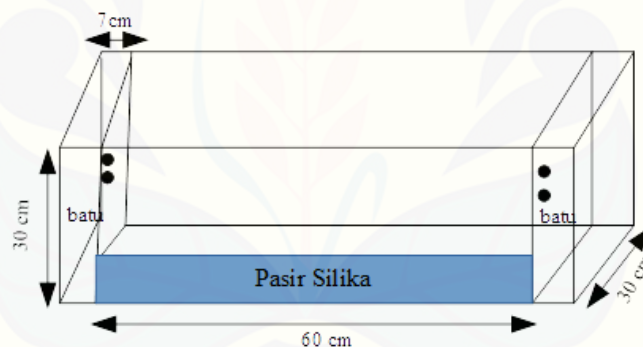


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Perancangan dan Pembuatan Akuarium Penanganan Fisik

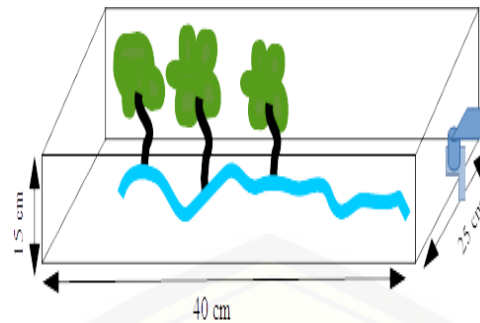
Penanganan limbah cair perebusan kedelai secara fisik bertujuan untuk mengurangi sifat fisik pada limbah seperti kekeruhan atau air berlumpur dan bau pada air limbah. Penanganan limbah secara fisik dilakukan pada akuarium yang memiliki dimensi panjang 74 cm, lebar 30 cm dan tinggi 30 cm. Pada proses penanganan limbah cair secara fisik digunakan batu kali dan pasir silika. Proses penanganan limbah cair secara fisik dilakukan dengan tiga zona yaitu zona inlet, zona pengolahan dan zona outlet. Pada zona inlet dan zona outlet diisi batu kali dengan jumlah yang sama yaitu 1,5 cm pada akuarium dengan lebar 7 cm dan ketinggian 30 cm. Pada zona pengolahan diisi dengan media pasir silika dengan ketinggian 10 cm. Berdasarkan penelitian Masfiah (2016) perancangan akuarium untuk penanganan fisik disajikan pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Rancangan Akuarium Penanganan Fisik

3.4.2 Perancangan dan Pembuatan Akuarium Penanganan Biologi (Proses Fitoremediasi)

Proses fitoremediasi dilakukan setelah proses penanganan fisik pada limbah. Proses fitoremediasi bertujuan untuk mengurangi kadar zat pencemar yang terkandung dalam air limbah dari proses penanganan fisik menggunakan tanaman. Akuarium yang digunakan pada penanganan biologi (proses fitoremediasi) pada penelitian ini terbuat dari kaca dengan tebal 3 mm, berukuran panjang 40 cm, lebar 15 cm dan tinggi 25 cm, seperti yang disajikan pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Rancangan Akuarium Penanganan Biologi (Proses Fitoremediasi)

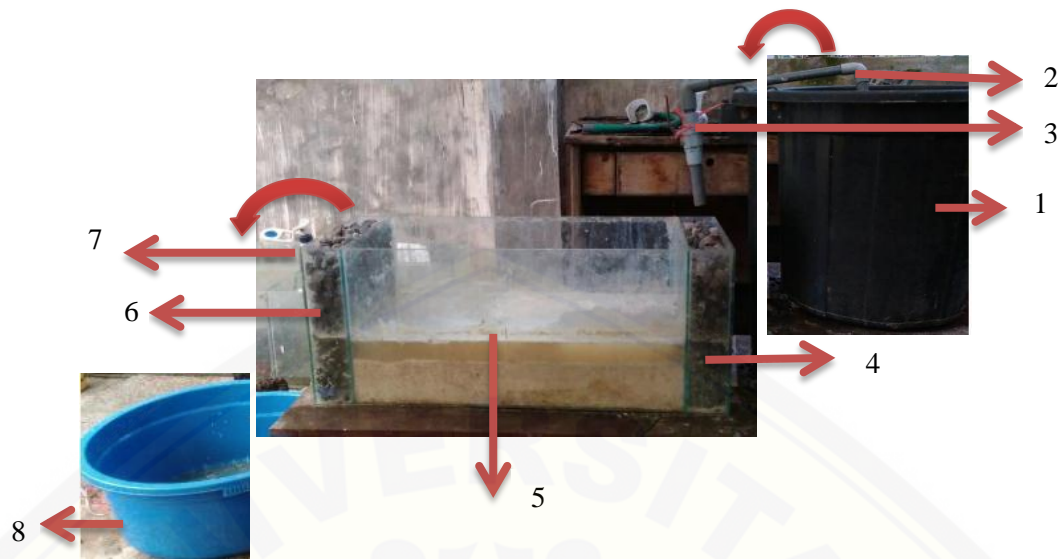
3.5 Persiapan Penelitian

Berikut ini merupakan tahapan persiapan penelitian yang akan dilaksanakan.

- a. Mengetahui karakteristik awal limbah cair perebusan kedelai pada proses pembuatan tempe dari beberapa parameter meliputi pH, kekeruhan, COD, BOD, TSS, dan N.
- b. Mengetahui kemampuan tanaman eceng gondok beradaptasi dengan limbah cair perebusan kedelai pada proses pembuatan tempe dengan pengamatan karakteristik tanaman (warna daun yang hijau, menguning dan busuk) setiap hari. Tanaman eceng gondok yang digunakan pada penelitian ini yaitu dari daerah rawa-rawa Gumukmas Kabupaten Jember yang mempunyai panjang akar 15 cm.

3.6 Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan ini bertujuan untuk mengurangi kadar zat organik pada limbah cair perebusan kedelai yang memiliki karakteristik limbah yang pekat dan berbau busuk dengan proses penanganan fisik. Mekanisme aliran proses penanganan limbah secara fisik disajikan pada Gambar 3.4 berikut.



Keterangan :

1. bak penampung air limbah;
2. pipa penyalur limbah;
3. kran output limbah;
4. zona inlet;
5. zona pengolahan;
6. zona outlet;
7. kran output limbah setelah penanganan;
8. bak penampung limbah akhir setelah penanganan.

Gambar 3.4 Mekanisme Aliran Proses Penanganan Limbah Fisik

Adapun tahapan mekanisme proses penanganan fisik pada penelitian pendahuluan adalah sebagai berikut:

1. Limbah cair ditampung pada bak penampung air limbah, dan limbah akan naik melalui pipa dengan menggunakan pompa menuju kran. Kran akan mengatur volume limbah yang dikeluarkan, sehingga akan diketahui nilai debit yang digunakan. Penentuan debit yang dilakukan dengan *trial and error*. Kategori debit paling kecil yang digunakan yaitu 6,3 ml/detik dan kategori sedang yaitu 8,4 ml/detik. Dari kedua debit tersebut, kategori debit sedang yang digunakan

dalam penelitian karena limbah lebih mudah untuk dialirkan tanpa adanya penyumbatan.

Prosedur penentuan debit dilakukan dengan mengukur air limbah yang keluar dari bak penampung limbah menggunakan gelas ukur. Waktu yang digunakan untuk mengisi gelas ukur dicatat sebagai nilai waktu pengisian air limbah. Perolehan nilai debit yang digunakan diperoleh berdasarkan volume air limbah yang ditampung dalam gelas ukur dengan waktu pengisian.

- b) Zona *inlet* (masukan) merupakan bagian yang berisi batu kali. Batu kali berfungsi sebagai pengendap dan penyaring kotoran-kotoran yang terkandung pada air limbah. Limbah dari kran akan ditampung pada zona *inlet* dan mengalami proses pengendapan.
- c) Zona pengolahan merupakan bagian yang berisi pasir silika. Pasir silika berfungsi untuk mengurangi sifat fisik air seperti kekeruhan dan bau pada air limbah.
- d) Zona *outlet* (keluaran) berisi kerikil yang berfungsi sebagai penyaring sebelum limbah keluar.

3.7 Penelitian Utama

Tahapan penelitian utama bertujuan untuk mengetahui laju penurunan BOD pada limbah cair perebusan kedelai dengan variasi pH dan proses fitoremediasi. pH yang digunakan yaitu pH limbah asli dan pH limbah dinetralkan (netralisasi pH). Proses fitoremediasi dilakukan menggunakan tanaman eceng gondok sampai tanaman fitoremediator mati. Berikut ini merupakan tahapan penelitian utama.

- a. Pengukuran karakteristik awal limbah cair perebusan kedelai. Pengukuran tersebut meliputi BOD, COD, N-Organik, pH, kekeruhan, TSS, dan TDS.
- b. Penyiapan tanaman eceng gondok sebanyak 400 gram dan mengulangi sampai 12 kali untuk 4 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Masing-masing perlakuan dilakukan pada setiap akuarium yang berbeda dan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Densitas tanaman eceng gondok yang digunakan pada setiap perlakuan yaitu 400 gram/10 liter pada setiap akuarium. Menurut Manasika (2015) analisis pengaruh variasi densitas

eceng gondok pada fitoremediasi eceng gondok dengan densitas 400 gram memiliki rata-rata nilai efisiensi sebesar 69,07%. Pengamatan meliputi jumlah daun dan mengamati warna daun.

c. Penetralkan pH

Penetralkan pH bertujuan menghilangkan sifat asam pada limbah, sehingga limbah memiliki nilai pH netral dengan penambahan kapur tohor.

d. Pengamatan laju penurunan BOD. Pengamatan ini dilakukan dengan empat perlakuan dan tiga ulangan. Berikut ini merupakan tabulasi data untuk rancangan perlakuan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Tabulasi Data Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Average
	1	2	3	
KPA	KPA 1	KPA 2	KPA 3	KPA
KPN	KPN 1	KPN 2	KPN 3	KPN
LPA	LPA 1	LPA 2	LPA 3	LPA
LPN	LPN 1	LPN 2	LPN 3	LPN

Keterangan :

KPA = Limbah pH asli + tanpa tanaman eceng gondok

KPN = Limbah pH dinetralkan + tanpa tanaman eceng gondok

LPA = Limbah pH asli + tanaman eceng gondok

LPN = Limbah pH dinetralkan + tanaman eceng gondok

3.8 Pengukuran Parameter Karakteristik Limbah Cair

Adapun beberapa pengukuran parameter kimia dan fisika limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Pengukuran BOD yaitu dengan menggunakan metode titrasi botol winkler. Prosedur pengukuran BOD berdasarkan SNI 6989.72:2009 sebagaimana prosedur pengujian terlampir pada Lampiran C.

b. pH

Pengukuran pH dengan menggunakan pH meter. Prosedur pengukuran pH yaitu pH meter sebelum digunakan terlebih dahulu dikalibrasikan dengan menggunakan larutan buffer pH 7. pH meter setelah dikalibrasi kemudian dicelupkan pada akuarium yang berisi limbah cair perebusan kedelai sampai muncul angka yang konstan atau tidak berubah pada pH meter.

c. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran COD menggunakan alat Spektrofotometer. Prosedur pengukuran COD berdasarkan SNI 06-6989.2-2004 sebagaimana prosedur pengujian terlampir pada Lampiran C.

d. Nitrogen

Analisis nitrogen dilakukan di Laboratorium Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember berdasarkan SNI 06-6989.9-2004 sebagaimana prosedur pengujian terlampir pada Lampiran C.

e. Kekeruhan

Pengukuran kekeruhan dilakukan dengan menggunakan alat turbidimeter. Prosedur pengukuran kekeruhan yaitu turbidimeter dikalibrasikan dulu sebelum digunakan dengan memasukkan botol uji berisi air yang sudah diketahui nilai kekeruhannya pada alat penguji. Apabila nilai kekeruhannya sama, maka alat tersebut dapat digunakan untuk pengujian. Air sampel dimasukkan pada alat penguji lalu tekan tombol ON dan akan muncul nilai kekeruhan dari sampel yang di uji.

f. *Total Suspended Solid* (TSS)

Pengukuran TSS dilakukan secara gravimetrik berdasarkan SNI 06-6989.3-2004 sebagaimana prosedur berikut:

- a) Kertas saring dipanaskan di dalam oven pada suhu 105° selama 1 jam.
- b) Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang.
- c) Ulangi prosedur a) dan b) untuk mendapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
- d) 20 ml limbah cair perebusan kedelai disaring dengan menggunakan kertas saring yang sudah dipanaskan tersebut.

- e) Masukkan kertas saring yang sudah digunakan ke dalam oven untuk dipanaskan pada suhu 105⁰ selama 1 jam.
- f) Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang.
- g) Ulangi e) dan f) untuk mendapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
- h) Hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{TSS} = \frac{(A-B) \times 100}{c} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

- TSS : Total padatan tersuspensi (mg/L)
- A : Berat kertas saring + residu (mg)
- B : Berat kertas saring (mg)
- C : Volume sampel air (L)

3.9 Metode Analisa Data

3.9.1 Analisis Efisiensi Data Pengamatan

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan program excel dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu dan nilai parameter. Adapun beberapa variabel pengamatan meliputi pH, kekeruhan, COD, BOD, TSS, TDS dan N. Hasil pengamatan selanjutnya akan dilakukan perhitungan efisiensi berdasarkan pada penurunan dan peningkatan dari masing-masing parameter selama pengamatan. Perhitungan nilai efisiensi data hasil pengamatan dari beberapa parameter penelitian dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Ef} (\%) = \frac{\text{Nilai Awal} - \text{Nilai Akhir}}{\text{Nilai Awal}} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

- Ef (%) = Nilai efisiensi (%)
- Nilai Awal = Nilai paramter sebelum perlakuan
- Nilai Akhir = Nilai parameter sesudah peralakuan

3.9.2 *Time Series*

Time Series merupakan sekumpulan data yang berasal dari waktu ke waktu. Data yang dikumpulkan ini bisa berbentuk data harian, data mingguan, bulanan atau tahunan. Kegunaan data-data *time series* yaitu untuk melihat perkembangan suatu objek yang di teliti dari waktu ke waktu (Baroroh, 2013).



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh pH limbah hasil perebusan kedelai yang bersifat asam dan pH limbah setelah penetralan (7,0) terhadap laju penurunan BOD yang cukup baik adalah perlakuan LPN (limbah pH setelah dinetralkan dengan menggunakan tanaman). Perlakuan LPN memiliki nilai penurunan sebesar 1165,8 mg/l.
2. Proses fitoremediasi eceng gondok pH limbah yang bersifat asam dan pH limbah setelah penetralan (7,0) pada perlakuan KPA, KPN, LPA dan LPN mampu menurunkan beban pencemaran diantaranya BOD, COD, N-Organik kekeruhan, dan TSS. Nilai persentase penurunan BOD terbaik sebesar 63,89%, COD sebesar 50,09%, N-Organik sebesar 81,01%, kekeruhan sebesar 91,99%, TSS sebesar 59,70%.

5.2 Saran

Berdasarkan dari penelitian yang sudah dilakukan, saran yang sebaiknya dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan tanaman air lainnya untuk proses fitoremediasi, sehingga di harapkan menghasilkan variasi penurunan BOD yang lebih baik.
2. Perlu dilakukan penetralan pH dengan menggunakan bahan penetral lain seperti NaOH untuk mengurangi zat terendap.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan S. S. Santika. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Baroroh, A. 2013. *Analisis Multivariat dan Time Series Dengan SPSS 21*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Etim, E. E. 2012. Phytoremediation and Its Mechanisms: Review. *International Journal of Environment and Bioenergy*. 2(3): 120-136. <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=55ceb3646225ffee778b458gd&assetKey=AS%3A273832483459072%401442298159336>.- [Diakses pada 1 Februari 2017].
- EPA. 2012. *A Citizen's Guide to Phytoremediation*. www.clu-in.org/download/citizens/cityphyto.pdf [diakses pada 18 April 2017].
- Fardiaz .1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta : Kanisius (Anggota IKAPI).
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tentang Baku Mutu Air Limbah. <http://komara.weebly.com/peraturan-lingkungan/permen-lh-no-5-tahun-2014-tentang-baku-mutu-air-limbah>- [Diakses pada 9 Januari 2017].
- Gerban, A dan Siregar, A. 2005. *Kerajinan Eceng Gondok*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hayyu., A dan Mangkoedihardjo, S. 2012. *Paper Pengaruh Variasi pH Terhadap Removal Logam Berat Tibal (Pb²⁺) oleh Heliconia (Heliconia psittacorum) di Kelurahan Tambak Wedi, Kecamatan Kenjeran, Surabaya*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Kristanto, P. 2004. *Ekologi Industri*. Edisi Kedua. Yogyakarta : Andi.
- Kordi, H., Ghufon, M. dan Tancung, A.B. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Jakarta : Rineke Cipta
- Lutfi. Wawancara. "Proses Pembuatan Tempe". Jl. Wahid Hasyim IX Kaliwates Jember, 28 Januari 2017.

- Mahida. 1993. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri. Jakarta: PT.Raja Grafindo Persada.
- Manasika, A.P. 2015. Analisis Pengaruh Variasi Densitas Eceng Gondok Pada Fitoremediasi Limbah Cair Kopi. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Mangkoedihardjo, S. 2005. Fitoteknologi dan Ekotoksikologi dalam Desain Operasi Pengomposan. *Seminar Nasional Manajemen Penanganan Limbah Padat dan Limbah Cair Berkelanjutan*. Surabaya : ITS.
- Nurisman, E., R.. Cahyadi., I. Hardiansyah. 2012. *Studi Terhadap Dosis Penggunaan Kapur Tohor (Cao) pada Proses Pengolahan Air Asam Tambang pada Kolam Pengendap Lumpur Tambang Air Laya PT.Bukit Asam (Persero), Tbk*. Palembang : Jurnal Patra Akademika.<http://poliakamigasplg.ac.id/site/wp-content/plugins/downloadmonitor/downloadPhp?id=21>. [Diakses pada 14 April 2017].
- Prabowo, A.L., dan S. Mangkoedihardjo. 2012. Penurunan BOD dan COD pada Air Limbah Katering Menggunakan Konstruksi *Wetland Subsurface- Flow* Dengan Tumbuhan Kana (*canna indica*). Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-33170-3309100004-Paper.pdf>.
- Purnamawati, K, Y., Suyasa, IW dan Mahardika, IG. 2015. Penurunan Kadar Rhodamin dalam Air Limbah dengan Biofiltrasi Sistem Tanaman. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Volume 9 No.2 November 2015. <http://www.pps.unud.ac.id/thesis/pdf/thesis/unud-1524-635857754-tesis%20komang%20yogi%20purnamawati.pdf> [diakses pada 16 April 2017].
- Ratnani, D. 2011. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipers (Mart.) Solm*) Untuk Menurunkan Kandungan COD, pH, Bau dan Warna pada Limbah Cair Tahu. *Jurnal Momentum*. Vol.7(1): 41-47.
- Rosmarkam, A. dan N.W. Yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta : Kanisius.
- Safrizal, R. M. 2016. Pengaruh Biomassa Eceng Gondok Dan Aerasi Terhadap Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Pengolahan Kopi. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Said, N I dan A. Herlambang. 2003. *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Jakarta : Bahan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Setyorini. 2015. Kajian Proses Fitoremediasi Eceng Gondok Pada Berbagai Variasi Konsentrasi Limbah Cair Kopi. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

Sriyana, H.Y. 2006. Kemampuan Eceng Gondok dalam Menurunkan Kadar Pb (II) dan Cr (VI) pada Limbah dengan Sistem Air Mengalir dan Sistem Air Menggenang. *Tesis*. Yogyakarta : Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia UGM.

Suyono. 2015. *Analisis Regresi Untuk Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish.

Susilo, F., Suharto, B., Susanawati, L. 2012. Penaruh Variasi Waktu Tinggal Terhadap Kadar BOD dan COD Limbah Tapiokan dengan Metode *Rotating Biological Contractor*. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Malang : FTP Universitas Brawijaya. <http://jsal.ub.ac.id/index.php/jsal/article/download/159/139> [Diakses pada 18 Januari 2017].

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

Tosepu, R. 2012. Laju Penurunan Logam Berat Plumbum (Pb) dan Cadmium (Cd) Oleh *Eichornia Crassipes* Dan *Cyperus Papyrus*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 19(1): 37-45. <http://psl.ugm.ac.id/id/wp-content/uploads/19-1.5-Ramadhan-Tosepu.pdf> [Diakses pada 18 Januari 2017].

Wardhana, W. A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : Andi.

Widyaningsih . 2011:39. Pengolahan Limbah Cair Kantin Yogma Fisip UI. Skripsi. Jakarta : Program Studi Teknik Lingkungan.

Wiryani, E. 2013. Analisis Kandungan Limbah Cair Pabrik Tempe. http://eprints.undip.ac.id/2121/1/Analisis_Kandungan_Limbah_Cair_Pabrik_Tempe.pdf [Diakses pada 20 Januari 2017].

Lampiran A. Data Pengukuran Laju Penurunan BOD Harian

Hari Ke-	Perlakuan			
	KPA	KPN	LPA	LPN
1	3576,2	3587,1	3228,6	3104,2
2	3469,9	3531,5	3214,4	3083,8
3	3396,8	3353,8	3219,2	2930,5
4	3351,6	3276,3	3161,6	2825,9
5	2638,9	3372,9	3190,0	2502,3
6	2505,2	2695,4	3060,0	2352,7
7	3284,7	2678,1	2778,2	2267,5
8	3143,4	2234,3	2538,8	2201,2
9	2134,9	2382,9	2357,0	1502,6
10	2031,4	1996,2	1886,2	1392,6

Lampiran B. Data Pengamatan Karakteristik Limbah Harian

Tabel B.1 Pengukuran pH

Hari Ke-	pH			
	KPA	KPN	LPA	LPN
1	2,3	7	2,3	7,1
2	2,2	8,3	2,2	7,6
3	2,3	8,4	2,2	7
4	2,3	8,3	2,4	7,3
5	2,5	7,8	2,4	6,5
6	3,2	7,8	2,7	6,4
7	3,4	7,7	3	6,6
8	3,5	8,2	4,9	7
9	3,6	8,4	5,4	7,4
10	3,3	7,3	5,4	7,6

Tabel B.2 Pengukuran Kekeruhan

Hari Ke-	Kekeruhan			
	KPA	KPN	LPA	LPN
0	9900,40	11658,2	8402,30	8610,20
1	9812,20	11658,20	7266,70	7470,00
2	9769,30	10526,70	4935,40	5943,30
3	8969,70	10336,70	3523,30	4623,30
4	8916,70	10773,30	2672,70	3776,70
5	9646,70	10020,90	1671,70	2877,60
6	9033,30	10706,80	672,70	1871,40
7	9413,00	10817,70	671,70	776,00
8	9073,30	11553,30	600,00	687,60
9	9451,00	11066,70	562,70	644,10
10	8987,90	10773,30	522,20	638,30

Tabel B.3 Pengukuran TSS

Hari Ke-	TSS			
	KPA	KPN	LPA	LPN
0	6166,70	6216,70	6116,70	6216,80
1	5444,80	6133,70	5111,20	5280,00
2	5540,00	6280,50	5213,30	5186,70
3	5313,30	6093,30	4866,70	5200,80
4	5573,30	6178,50	4713,80	4880,80
5	5306,70	6412,30	4875,50	4760,40
6	5026,80	6393,10	4752,60	4806,70
7	5340,00	6866,80	4296,70	4680,80
8	5020,00	6666,90	38880,9	4373,70
9	5260,00	6026,70	3680,60	4373,70
10	4980,00	5673,40	3666,70	4260,80

Tabel B.4 Pengukuran TDS

Hari Ke-	TDS			
	KPA	KPN	LPA	LPN
0	4985	4853	4854	4965
1	5945	6100	6376	6617
2	6500	6420	7150	7350
3	6177	6180	7510	7423
4	6120	6080	7738	7267
5	6377	6350	7697	7473
6	6193	5859	7930	7533
7	6394	6343	7241	7047
8	6190	6113	7413	7323
9	6493	6234	7233	7450
10	6245	6012	7986	7426

LAMPIRAN C. Prosedur Pengukuran Parameter

1. Prosedur Pengukuran *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan zat yang terdapat dalam air (Alerts dan Santika, 1987). Prosedur kerja untuk mengukur BOD adalah sebagai berikut:

- 1) Memasukkan sampel limbah cair kopi pada botol winkler tanpa udara hingga penuh.
- 2) Menambahkan 2 ml larutan $MnSO_4$ 40%, dan mendinginkan larutan selama beberapa menit untuk menghomogenkan.
- 3) Menambahkan 2 ml alkali iodida azida, kemudian mendinginkan hingga muncul endapan berwarna coklat dan memindahkan larutan ke gelas kimia kemudian dikocok
- 4) Menambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat hingga endapan larut, lalu mengambil 100 mL dan memindahkan larutan ke dalam erlenmeyer
- 5) Larutan yang berada di dalam erlenmeyer siap untuk dititrisi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,025 N.
- 6) Menambahkan indikator amilum dan melanjutkan kembali dengan titrasi hingga warna biru hilang, kemudian catat volume titrasi.

Perhitungan :

$$OT = \frac{a.N.8000}{V-4}$$

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

Keterangan : BOD_5 = mg O_2 /liter

a = Volume titran natrium tiosulfat (ml)

N = Normalitas natrium tiosulfat (ml)

V = Volume botol winkler (ml)

X_0 = DO (oksigen terlarut) sampel pada saat $t = 0$ (mg O_2 /l)

X_5 = DO sampel pada saat $t = 5$ hari (mg O_2 /l)

B_0 = DO blanko pada saat $t = 0$ (mg O_2 /l)

B_5 = DO blanko pada saat $t = 5$ hari (mg O_2 /l)

P = derajat pengencer

2. Prosedur Pengukuran Nitrogen dengan Metode N-Kjeldahl

Di dalam air, nitrogen terdiri dari nitrogen anorganik dan organik. Nitrogen anorganik terdiri atas amonia (NH_3), amonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) dan molekul nitrogen (N). Menurut (Sulaeman *et al.*, 2005), metode yang digunakan dalam pengukuran N total (N-Kjeldahl) adalah sebagai berikut.

- 1) Tahap pertama adalah destruksi sampel. Sampel halus 1,0 g dimasukkan ke dalam labu kjeldahl. Ditambahkan 1 g campuran selen dan 10 ml H_2SO_4 .
- 2) Didestruksi dan destruksi selesai bila keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih (sekitar 4 jam), kemudian labu diangkat dan didinginkan.
- 3) Ekstrak diencerkan dengan air hingga 50 ml. 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. Ditambahkan sedikit serbuk batu didih dan aquades hingga setengah volume labu.
- 5) Disiapkan penampung NH_3 yang dibebaskan yaitu Erlenmeyer yang berisi 10 ml asam borat 1% ditambah dua tetes indikator metil red (berwarna merah) dihubungkan dengan alat destilasi.
- 6) Ditambahkan 10 ml NaOH 40% ke dalam labu didih yang berisi contoh dan ditutup secepatnya. Didestilasi hingga volume penampung mencapai 50-75 ml (berwarna hijau). Destilat dititrasi dengan HCl 0,05 N hingga berwarna merah muda. Dicatat volume titar sampel (V_c) dan blanko (V_b) kemudian dihitung:
Kadar N-Total (%) = $(V_c - V_b) \times Mr \times 100 \text{ ml/mg sampel} \times fk$

Keterangan:

$V_{c,b}$ = ml titar sampel dan blanko

N = normalitas larutan baku H_2SO_4

14 = bobot setara N (Mr)

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

Lampiran D. Dokumentasi Penelitian

1. Perancangan akuarium fisik dan Biologi (Fitoremediasi)



Akuarium Penanganan Fisik



Akuarium biologi

2. Menimbang dan mengukur eceng gondok



Penimbangan Berat Tanaman



Pengukuran Panjang Akar Tanaman

3. Penanganan fisik dan pengaturan debit



4. Penanganan fitoremediasi



5. Pengukuran BOD dan COD



BOD



COD

6. Pengukuran TDS dan TSS



TDS



TSS

7. Pengukuran pH dan Kekeruhan



pH



Kekeruhan

