



**PEMANFAATAN BIJI TREMBESI (*Samanea saman*) SEBAGAI KOAGULAN
ALAMI UNTUK MENURUNKAN BOD, COD, TSS, KEKERUHAN PADA
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEMPE**
(Studi di Industri Tempe UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)

SKRIPSI

Oleh:

**Yessinta Trizna Amanda
NIM 142110101024**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
TAHUN 2019**



**PEMANFAATAN BIJI TREMBESI (*Samanea saman*) SEBAGAI KOAGULAN
ALAMI UNTUK MENURUNKAN BOD, COD, TSS, KEKERUHAN PADA
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEMPE**
(Studi di Industri Tempe UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh:

Yessinta Trizna Amanda
NIM 142110101024

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
TAHUN 2019**

PERSEMBAHAN

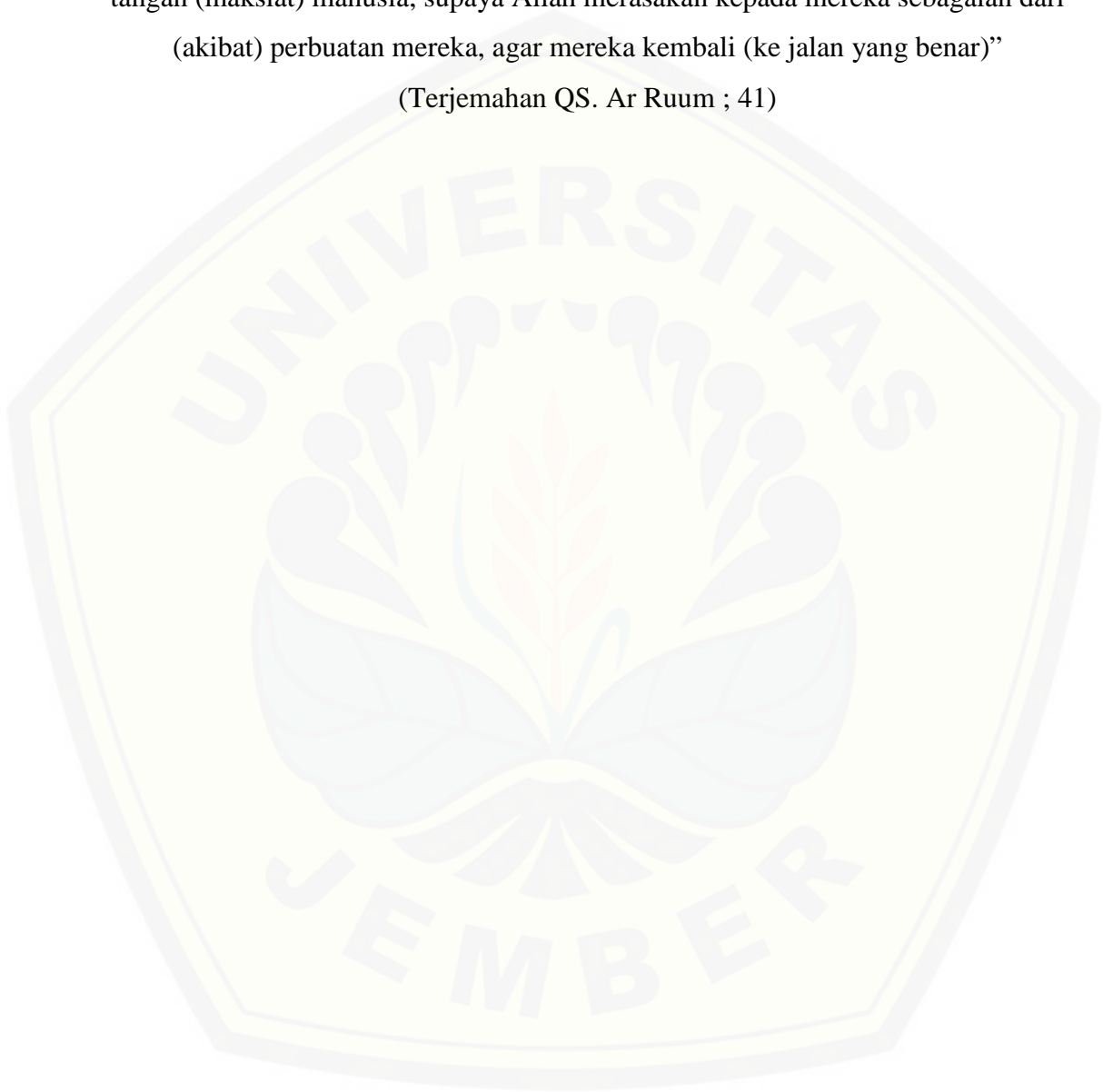
Alhamdulillah segala puji dan syukur yang telah diberikan Allah SWT sehingga begitu banyak kelancaran dan petunjuk-NYA yang dirasakan dalam penyelesaian skripsi ini. Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Orang tua saya tercinta yaitu Ibu Siti Aminah dan Bapak Triono. Terima kasih atas segala pengorbanan, jerih payah, nasehat, kasih sayang, semangat, pengertian serta doa yang tidak pernah berhenti mengiringi setiap langkah kehidupan anak-anaknya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, kebahagiaan dan kemudahan rezeki.
2. Eyang uti saya tercinta yaitu Uti Suwarni dan Uti Sundari, Alm. Mbah kung saya tercinta yaitu Alm. Mbah kung Gamsi dan Alm. Mbah kung Selo. Terima kasih atas segala nasehat, kasih sayang, semangat serta doa yang tidak pernah berhenti mengalir.
3. Kakakku yang sangat luar biasa yaitu Alm. Rizka Mayda Safitri yang telah memberikan dukungan, pengorbanan serta lantunan doa yang senantiasa mengalir.
4. Almamater Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

MOTTO

“Telah nampak kerusakan di darat dan di lautan disebabkan karena perbuatan tangan (maksiat) manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”

(Terjemahan QS. Ar Ruum ; 41)



Departemen Agama Republik Indonesia. 2016. Al-Qur'an dan Terjemahannya. Jakarta: Al Hidayah Surabaya.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yessinta Trizna Amanda

NIM : 142110101024

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul: *Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS, Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe (Studi di Industri Tempe UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karja jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan tidak benar.

Jember, 14 Februari 2019

Yang menyatakan,

Yessinta Trizna Amanda

NIM 142110101024

SKRIPSI

**PEMANFAATAN BIJI TREMBESI (*Samanea saman*) SEBAGAI KOAGULAN
ALAMI UNTUK MENURUNKAN BOD, COD, TSS, KEKERUHAN PADA
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEMPE**

(Studi di Industri Tempe UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)

**UTILIZATION OF TREMBESI SEEDS (*Samanea saman*) AS COAGULANT
NATURAL TO REDUCE BOD, COD, TSS, TURNUANCE IN TEMPE LIQUID
WASTE PROCESSING**

(Study at Tempe Industry UD. X of Patrang Sub-District, Jember District)

Oleh:

**Yessinta Trizna Amanda
NIM 142110101024**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Isa Marufi S.KM., M.Kes

Dosen Pembimbing Anggota : Anita Dewi Moelyaningrum S.KM., M.Kes

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS, Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe (Studi di Industri Tempe UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 14 Februari 2019

Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Pembimbing		Tanda Tangan
DPU	: Dr.Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes NIP. 197509142008121002	(.....)
DPA	: Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes NIP. 198111202005012001	(.....)
Penguji		
Ketua	: Dwi Martiana Wati, S.Si., M.Si NIP. 198003132008122003	(.....)
Sekretaris	: Prehatin T.N., S.KM., M.Kes NIP. 197802052000121003	(.....)
Anggota	: Didik Suwardi. S.KM., M.M NIP.196312281984121001	(.....)

Mengesahkan

Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat

Universitas Jember

Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes

NIP.198005162003122002

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-NYA sehingga penyusunan skripsi dapat diselesaikan dengan baik yang berjudul, *“Pemanfaatan BijiTrembesi (Samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS, Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe (Studi Di Industri UD.X Kecamatan Kabupaten Jember)* sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan dan sumbangan pemikiran dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Bapak Dr. Isa Ma’rufi** selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja, selaku dosen pembimbing utama serta selaku dosen pembimbing akademik dan **Ibu Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes** selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing dengan penuh kesabaran hingga skripsi ini dapat terselesaikan dan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes., selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
2. Ibu Dwi Martiana Wati, S.Si., M.Si., selaku Ketua Penguji, Ibu Prehatin Trirahayu Ningrum, S.KM., M.Kes selaku Sekretaris Penguji, Bapak Didik Suwardi S.KM., M.M selaku Anggota Penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun untuk skripsi penulis;
3. Guru-guruku mulai TK sampai Perguruan Tinggi, terima kasih atas ilmu yang diberikan, nasehat serta bimbingan yang mampu mengantarkan saya sampai titik ini;

4. Adik-adik saya tercinta Zalsya Oliviana A, Alfian Bima T, Harumi Dyah D, Satria Mynard P yang telah memberikan semangat, motivasi dan kenyamanan tempat berbagi satu sama lain;
5. Sahabat-sahabat saya Kevanda Kania E, Denti Tarwiyanti, Rosa Anandia F, Virgina Sekar, Vori Ria P, Nia Prifatul, Ida Widya, Ratih Nurfaizi, Devin Ary, Muhammad Ghifari, yang selalu memberikan semangat, nasehat, dukungan dan menemani disaat senang maupun sedih serta kelompok 11 PBL, teman-teman magang di RS. Jember Klinik, teman-teman peminatan kesling 2014, teman-teman angkatan 2014 dan seluruh civitas akademika FKM UNEJ yang telah mensupport dan membantu dalam kehidupan perkuliahan;
6. Almamaterku tercinta Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
7. Dan kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini. atas perhatian dan dukungannya, penulis mengucapkan terima kasih.

Jember, 14 Februari 2019

Penulis

RINGKASAN

Pemanfaatan Biji Trembesi (*Samanea saman*) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS, Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe (Studi di Industri Tempe UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember); Yessinta Trizna Amanda; 142110101024;2019;85 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember.

Masalah pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran air di Indonesia, telah menunjukkan gejala yang cukup serius. Penyebab pencemaran salah satunya berasal dari buangan industri pabrik atau kegiatan lain yang membuang begitu saja air limbahnya tanpa pengolahan terlebih dahulu ke sungai atau ke laut. Salah satu kegiatan yang menghasilkan limbah cair adalah kegiatan pada industri pabrik tempe. Kandungan limbah cair tempe adalah bahan organik, padatan tersuspensi serta bahan koloid seperti lemak, protein dan selulosa dengan konsentrasi tinggi. Industri tempe UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember sudah ada sejak tahun 1991, meskipun sudah cukup lama tetapi masih belum memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), sehingga diketahui limbah cair tempe tidak dikelola dengan baik melainkan langsung dialirkan ke Sungai Bedadung. Kadar bahan organik BOD, COD, TSS dan kekeruhan awal limbah cair pada industri tempe UD.X Kecamatan Patrang berturut-turut sebesar 3.200 mg/l;4.200 mg/l;5.016 mg/l dan 901 NTU. Hal ini telah melebihi Baku Mutu Air Limbah menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai (Tempe) yaitu BOD 300 mg/l; COD 150 mg/l; TSS 100 mg/l dan kekeruhan 5 NTU. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair tempe dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan alami yaitu biji trembesi (*Samanea saman*). Biji trembesi merupakan salah satu tanaman yang dimanfaatkan sebagai koagulan alami karena memiliki kandungan tanin yang tinggi sehingga dapat bekerja pada kondisi pemberian koagulan yang tepat dan pengendapan yang optimum, membantu kekeruhan karena mampu mengadsorpsi air limbah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kadar BOD, COD, TSS, kekeruhan pada limbah cair tempe yang telah dikontakkan koagulan biji trembesi (P) dan tidak dikontakkan dengan koagulan biji trembesi (K) dengan koagulasi (pengadukan cepat) sebesar 300 rpm selama 2 menit dilanjutkan dengan flokulasi (pengadukan lambat) 230 rpm selama 25 menit.

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental dan desain penelitian *True Experimental* dengan bentuk *Posttest Only Control Group Design*. Pada penelitian ini terdapat 24 sampel yang terbagi dalam 4 kelompok yaitu kelompok kontrol (K) merupakan limbah cair tempe yang tidak dikontakkan dengan koagulan biji trembesi dengan pengadukan koagulasi-flokulasi, kelompok kedua yaitu limbah cair tempe yang dikontakkan pada koagulan biji trembesi dengan konsentrasi 0,7 gr/l (P₁), kelompok ketiga yaitu limbah cair tempe yang dikontakkan pada koagulan biji trembesi dengan konsentrasi 1,4 gr/l (P₂),

kelompok keempat yaitu limbah cair tempe yang dikontakkan pada koagulan biji trembesi dengan konsentrasi 2,2 gr/l (P_3).

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan kadar BOD, COD, TSS dan kekeruhan pada kelompok kontrol diperoleh hasil berturut-turut sebesar 1.464 mg/l; 2.419 mg/l; 1.647 mg/l; 181 NTU, kelompok perlakuan pertama (P_1) berturut-turut sebesar 573 mg/l; 2.796 mg/l; 2.398 mg/l; 69 NTU, kelompok perlakuan kedua (P_2) berturut-turut sebesar 679 mg/l; 2.435 mg/l; 1.745 mg/l; 36 NTU, kelompok perlakuan ketiga (P_3) sebesar 1.840 mg/l; 1.418 mg/l; 1.021 mg/l; 22 NTU. Selanjutnya dilakukan uji normalitas kemudian dilakukan uji *kruskal wallis* untuk mengetahui adanya perbedaan signifikan secara statistik antar kelompok. Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan sebesar 0,05 dengan interval kepercayaan 95%. Terdapat perbedaan yang signifikan dan terdapat penurunan jika dilihat dari persentase efisiensi removal pada perlakuan pertama (P_1) penurunan BOD, COD, TSS, kekeruhan berturut-turut sebesar 82%; 42%; 52%; 92%, perlakuan kedua (P_2) penurunan BOD, COD, TSS, kekeruhan berturut-turut sebesar 78%; 42%; 65%; 96%, perlakuan ketiga (P_3) penurunan BOD, COD, TSS, kekeruhan berturut-turut sebesar 71%; 66%; 79%; 97%. Sehingga penggunaan koagulan biji trembesi dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS dan kekeruhan pada limbah cair tempe.

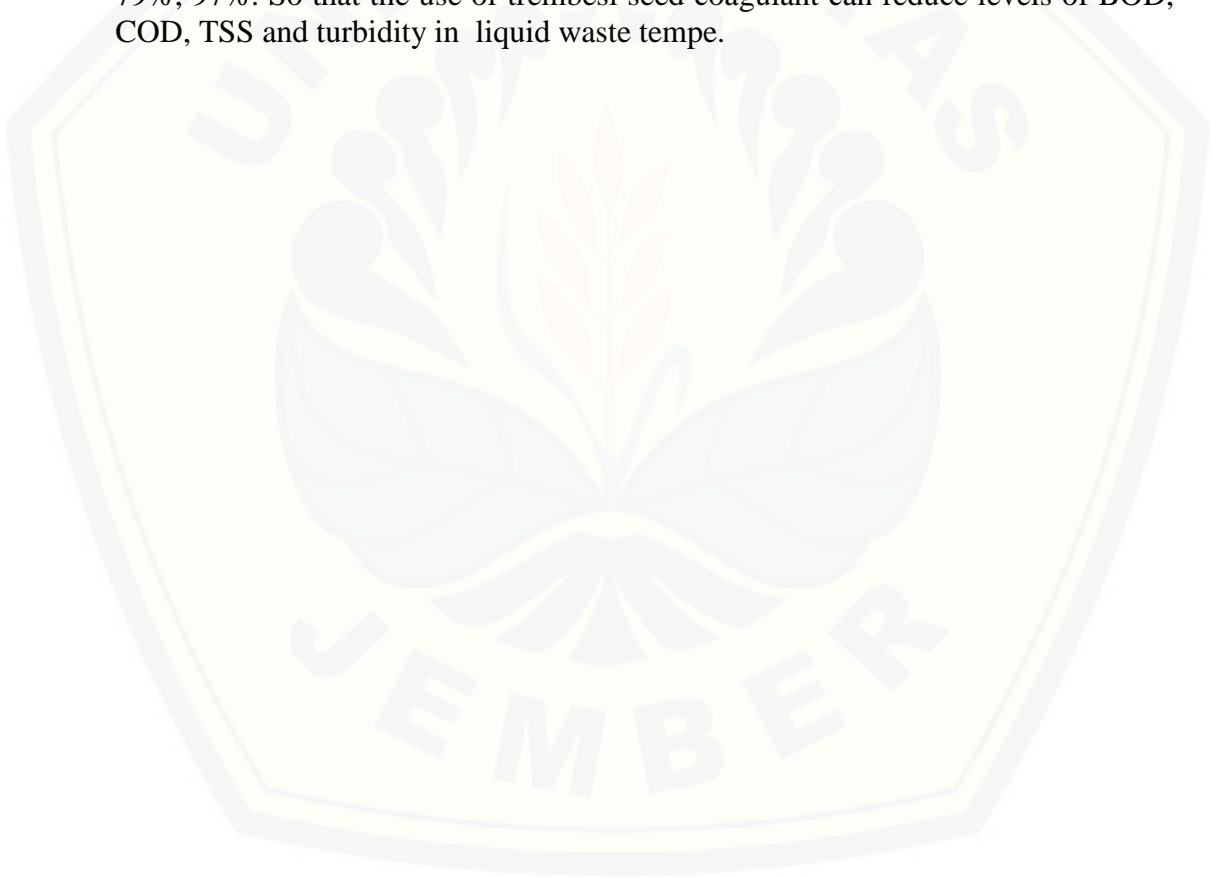
SUMMARY

Utilization of Trembesi Seeds (*Samanea saman*) as Coagulant Natural to Reduce BOD, COD, TSS, Turance in Tempe Liquid Waste Processing (Study at Tempe Industry UD. X of Patrang Sub-District, Jember District); Yessinta Trizna Amanda; 142110101024; 2019; 85 pages; Departement of Enviromental Health and Health and Health Safety Occupation, Faculty of Public Health, University of Jember.

The problem of environmental pollution, especially water pollution in Indonesia, has shown quite serious symptoms. One of the causes of pollution comes from factory industrial waste or other activities that just throw away the waste water without processing the river or sea. One activity that produces waste liquid is an activity in the tempe factory industry. The content of waste liquid tempe is organic matter, suspended solids and high-concentration colloidal materials such as fat, protein and cellulose. UD. X tempe industry Patrang Subdistrict, Jember Regency is a tempe industry that has existed since 1991 even though it has been around for a long time but still does not have a Waste Water Treatment Plant (IPAL), so it is known that liquid waste is not managed properly but is directly channeled to the Bedadung River. The levels of BOD, COD, TSS and initial turbidity of wastewater in the UD.X tempe industry in Patrang Regency were respectively 3,200 mg/l; 4,200 mg/l; 5,016 mg/l and 901 NTU. This has exceeded the Waste Water Quality Standard according to East Java Governor Regulation No. 72 of 2013 concerning Waste Water Quality Standards for Processing Soybean (Tempe), namely BOD 300 mg/l; COD 150 mg/l; TSS 100 mg/l and turbidity 5 NTU. One alternative to processing tempe liquid waste using the coagulation-flocculation method using natural coagulant, that is trembesi seeds (*Samanea saman*). Trembesi seed is one of the plants that is used as a natural coagulant because it has a high tannin content so that it can work under the conditions of giving the right coagulant and optimum deposition, helping turbidity because it can adsorb wastewater. This study aims to analyze the differences in the levels of BOD, COD, TSS, turbidity in the tempe liquid waste which has been contacted by the trembesi seed coagulant (P) and not contacted with the trembesi seed coagulant (K) with coagulation (rapid stirring) of 300 rpm for 2 minutes followed with flocculation (slow stirring) 230 rpm for 25 minutes.

The type of research used is experimental and True Experimental design with the form of Posttest Only Control Group Design. In this study there were 24 samples divided into 4 groups, namely the control group (K) was liquid waste tempe which was not contacted with the coagulant of trembesi seeds with stirring coagulation-flocculation, the second group was liquid waste tempe contacted with the coagulant of trembesi seeds with a concentration of 0,7 gr/l (P₁), the third group is the liquid waste tempe contacted on the coagulant of trembesi seeds with a concentration of 1,4 gr/l (P₂), the fourth group is liquid waste tempe which is contacted by the coagulant of trembesi seeds with a concentration of 2,2 gr/l (P₃).

The results of the research conducted showed that the levels of BOD, COD, TSS and turbidity in the control group obtained results in a row of 1.464 mg/l; 2.419 mg/l; 1,647 mg/l; 181 NTU, the first treatment group (P₁) was 573 mg/l; 2.796 mg/l; 2,398 mg/l; 69 NTU, the second treatment group (P₂) in a row amounted to 679 mg/l; 2,435 mg/l; 1,745 mg/l; 36 NTU, the third treatment group (P₃) was 1,840 mg/l; 1,418 mg/l; 1.021 mg/l; 22 NTU. Furthermore, a normality test was then carried out and a kruskal wallis test was conducted to determine the existence of statistically significant differences between groups. The results show that there is a significant difference of 0.05 with a 95% confidence interval. There was a significant difference and there was a decrease when seen from the percentage of efficiency removal in the first treatment (P₁) decrease in BOD, COD, TSS, turbidity in a row by 82%; 42%; 52%; 92%, the second treatment (P₂) decreased BOD, COD, TSS, turbidity in a row by 78%; 42%; 65%; 96%, third treatment (P₃) decrease in BOD, COD, TSS, turbidity in a row by 71%; 66%; 79%; 97%. So that the use of trembesi seed coagulant can reduce levels of BOD, COD, TSS and turbidity in liquid waste tempe.



DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI.....	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
SKRIPSI.....	v
PENGESAHAN	vi
PRAKATA	vii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SINGKATAN.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	5
1.3.1 Tujuan Umum	5
1.3.2 Tujuan Khusus	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	6
1.4.2 Manfaat Praktis	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Limbah Cair	7
2.1.1 Pengertian Limbah Cair	7
2.1.2 Limbah Cair Industri Tempe.....	7
2.1.4 Kuantitas Limbah Cair Industri Tempe.....	10

2.1.5 Dampak Limbah Cair.....	11
2.1.6 Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe	13
2.2 Koagulasi dan Flokulasi	14
2.2.1 Mekanisme Koagulasi.....	15
2.2.2 Koagulan	15
2.3 Parameter Fisik-Kimia Pada Limbah Cair	19
2.3.1 Suhu	19
2.3.2 Biochemical Oxygen Demand (BOD)	20
2.3.3 Chemical Oxygen Demand (COD)	21
2.3.4 Total Suspended Solid (TSS).....	22
2.3.5 Kekeruhan (<i>Turbidity</i>).....	22
2.4 Jar Test	23
2.5 Trembesi (Samanea saman)	25
2.6 Kerangka Teori	29
2.7 Kerangka Konsep.....	30
BAB 3. METODE PENELITIAN	32
3.1 Jenis Penelitian.....	32
3.2 Unit Eksperimen dan Replikasi Penelitian	32
3.2.1 Unit Eksperimen	32
3.2.2 Replikasi	33
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.3.1 Tempat Penelitian	34
3.3.2 Waktu Penelitian	35
3.4 Objek Penelitian dan Teknik Pengambilan Objek Sampel.....	35
3.4.1 Sampel Penelitian.....	35
3.4.2 Teknik Pengambilan Sampel	35
3.5 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional	35
3.5.1 Variabel Penelitian.....	35
3.5.2 Definisi Operasional	36
3.6 Prosedur Penelitian.....	38
3.6.1 Pembuatan Ekstrak Biji Trembesi.....	38
3.6.2 Alat Penelitian.....	39
3.6.3 Bahan Penelitian	39
3.7 Tahapan Penelitian	40

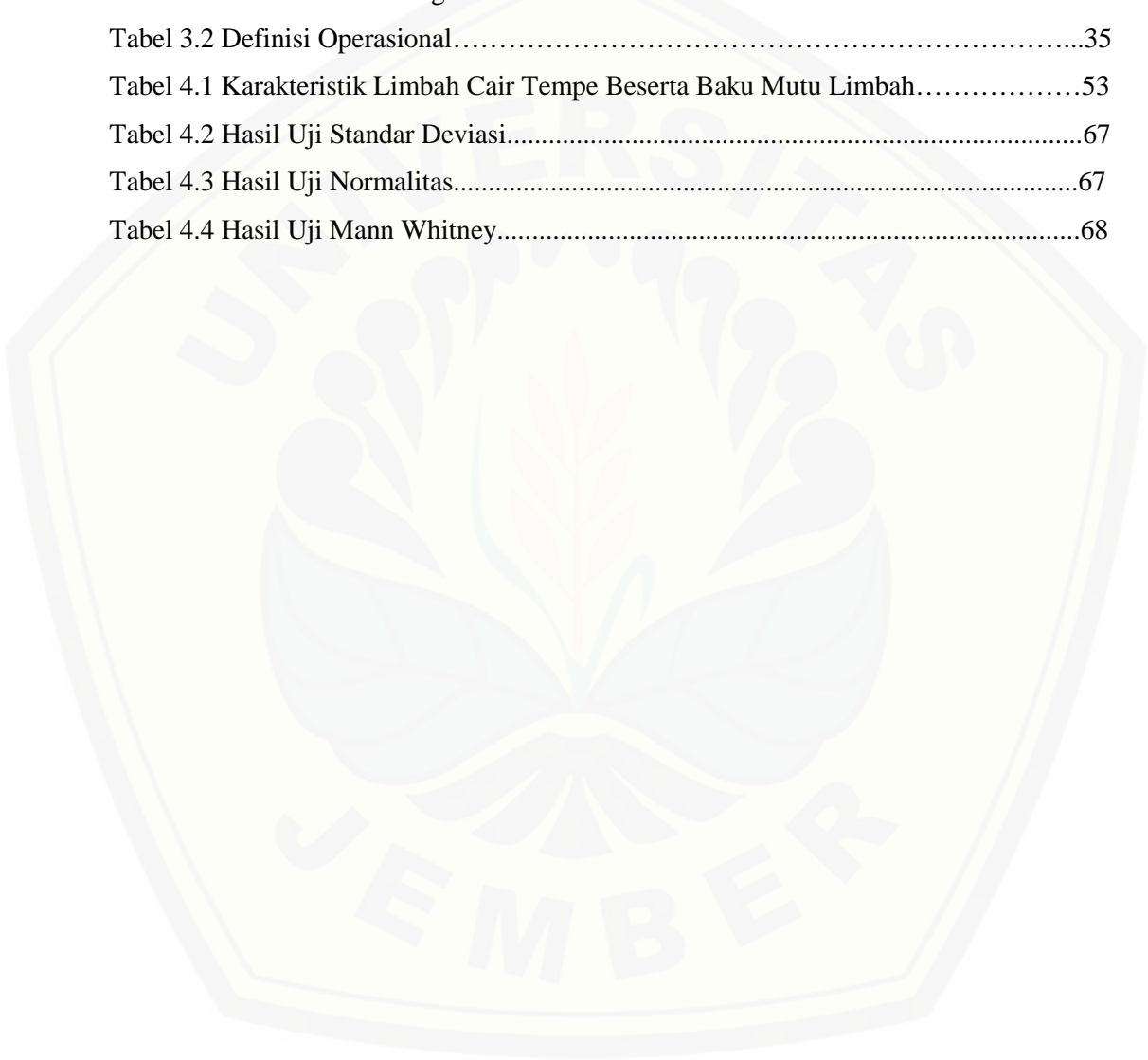
3.7.1 Pelaksanaan Penelitian.....	41
3.8 Jenis dan Sumber Data.....	41
3.8.1 Data Primer.....	41
3.9 Teknik dan Instrumen Penelitian.....	42
3.9.1 Teknik Pengumpulan Data.....	42
3.9.2 Instrumen Pengumpulan Data.....	42
3.9.3 Pengukuran Parameter.....	42
3.10 Teknik Penyajian dan Analisis Data.....	47
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1 Hasil Penelitian.....	51
4.1.1 Sumber Limbah Cair Industri Tempe UD.X Kecamatan Patrang.....	51
4.1.2 Karakteristik Limbah Cair Tempe.....	52
4.1.3 Kadar BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>), COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>), TSS (<i>Total Suspended Solid</i>) dan Kekeruhan pada Kelompok yang Tidak Diberi Serbuk Biji Trembesi (K).....	54
4.1.4 Kadar Kadar BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>), COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>), TSS (<i>Total Suspended Solid</i>) dan Kekeruhan pada Kelompok yang Diberi Serbuk Biji Trembesi (P ₁ , P ₂ , P ₃).....	56
4.1.5 Hasil Uji Statistik Pemberian Koagulan Biji Trembesi Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada Limbah Cair Tempe.....	66
4.2 Pembahasan.....	70
BAB 5. PENUTUP.....	78
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA.....	81
Lampiran C. Lembar Observasi.....	109
Lampiran D. Lembar Persetujuan.....	110
Lampiran F. Lampiran Dokumentasi.....	112

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Komposisi Air Limbah.....	10
Gambar 2.2 Jenis-jenis Koagulan Kimia.....	16
Gambar 2.3 Alat Jar Test.....	25
Gambar 2.4 Pohon Trembesi.....	26
Gambar 2.5 Tumbuhan Trembesi.....	27
Gambar 2.6 Kerangka Teori.....	28
Gambar 2.6 Kerangka Konsep.....	29
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	32
Gambar 3.2 Tahapan Penelitian.....	39
Gambar 3.3 Alur Penelitian.....	49
Gambar 4.1 Pipa Saluran Pembuangan Limbah Cair Tempe.....	51
Gambar 4.2 Limbah Cair Hasil Perendaman Kedelai.....	51
Gambar 4.3 Limbah Cair Hasil Perebusan Kedelai.....	51
Gambar 4.4 Kadar BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Kelompok Kontrol.....	55
Gambar 4.5 Persentase Efisiensi BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Kelompok Kontrol.....	55
Gambar 4.6 Kadar BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Kelompok Perlakuan Pertama.....	57
Gambar 4.7 Persentase Efisiensi BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Kelompok Perlakuan Pertama.....	58
Gambar 4.8 Kadar BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Kelompok Perlakuan Kedua.....	60
Gambar 4.9 Persentase Efisiensi BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Kelompok Perlakuan Kedua.....	60
Gambar 4.10 Kadar BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Kelompok Perlakuan Ketiga.....	62
Gambar 4.11 Persentase Efisiensi BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Kelompok Perlakuan Ketiga.....	62
Gambar 4.12 Rerata Penurunan Kadar BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Setiap Perlakuan.....	64
Gambar 4.13 Rerata Persentase Penurunan Kadar BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Kelompok Konrol dan Setiap Perlakuan.....	68

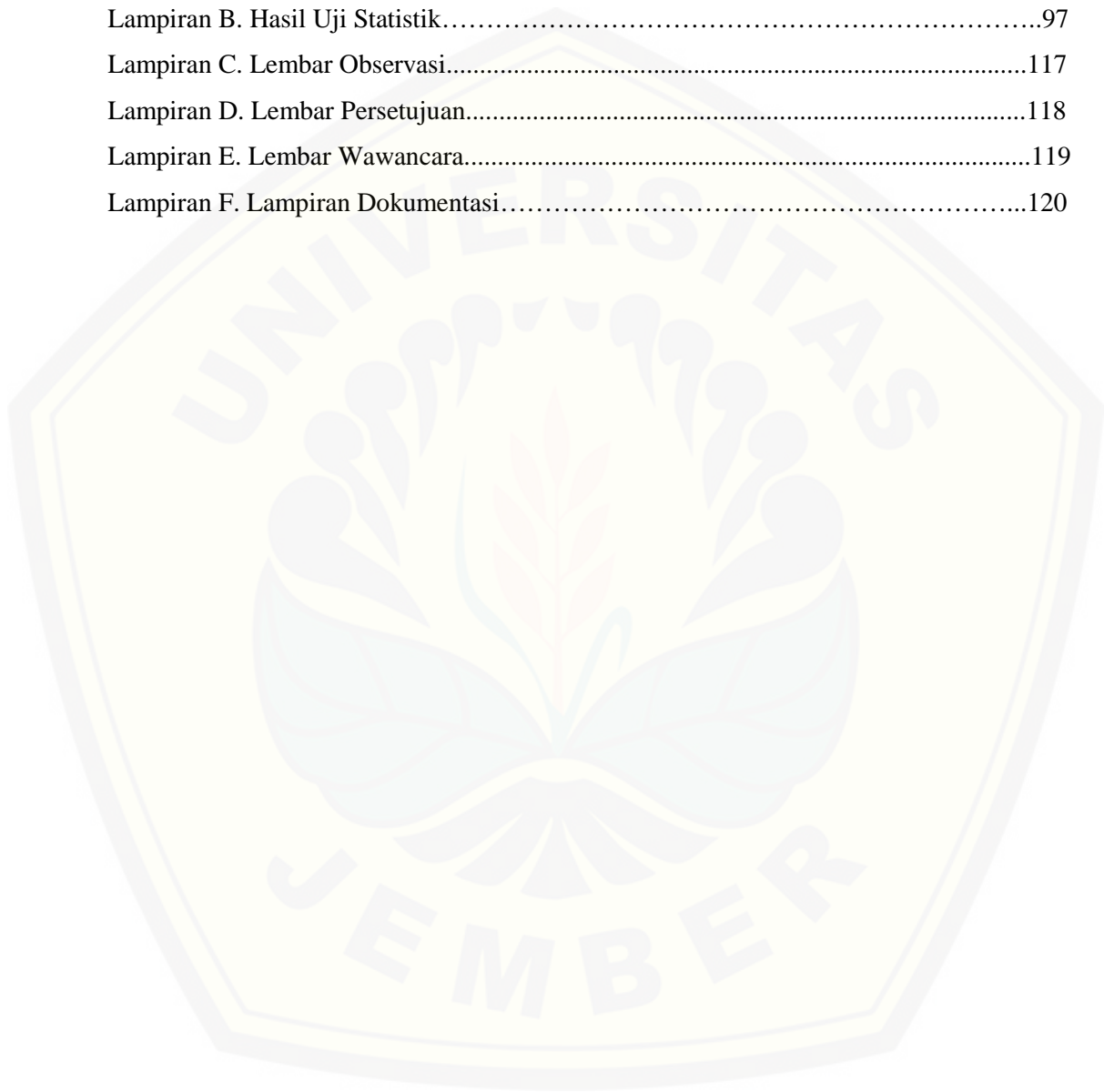
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kualitas Limbah Cair Tempe.....	9
Tabel 2.2 Limbah Cair Industri Tempe 500kg Bahan Baku Kedelai.....	11
Tabel 3.1 Tata Letak Rancangan Alur Penelitian.....	30
Tabel 3.2 Definisi Operasional.....	35
Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Cair Tempe Beserta Baku Mutu Limbah.....	53
Tabel 4.2 Hasil Uji Standar Deviasi.....	67
Tabel 4.3 Hasil Uji Normalitas.....	67
Tabel 4.4 Hasil Uji Mann Whitney.....	68



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Hasil Uji Laboratorium.....	96
Lampiran B. Hasil Uji Statistik.....	97
Lampiran C. Lembar Observasi.....	117
Lampiran D. Lembar Persetujuan.....	118
Lampiran E. Lembar Wawancara.....	119
Lampiran F. Lampiran Dokumentasi.....	120




DAFTAR SINGKATAN

Ag	= Katoda Perak
Alum	= Aluminium Sulfat
BOD	= <i>Biological Oxygen Demand</i>
Ce	= Konsentrasi Awal
Co	= Konsentrasi Akhir
CO ₂	= Karbondioksida
COD	= <i>Chemical Oxygen Demand</i>
DO meter	= <i>Demand Oxygen Meter</i>
FAS	= Fero Ammonium Sulfat
FTU	= <i>Formazin Turbidity Unit</i>
G	= Gradien Kecepatan
g/L	= Gram per Liter
IPAL	= Instalasi Pengolahan Air Limbah
K	= Kelompok Kontrol
Kg	= Kilogram
KMNO ₄	= Kalium Permanganat Kalium Manganat (IV)
K ₂ CrO ₇	= Kalium Dikromat
m	= Meter
m ₂	= Meter Persegi
mdpl	= Meter diatas Permukaan Laut
mg/L	= Miligram per Liter
mg O ₂ /L	= Miligram Oksigen per Liter
mm/tahun	= Milimeter per Tahun
NTU	= <i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
PACI	= Polaluminium Klorida

P	= Populasi
Pb	= Anoda Timbale
pH	= <i>Potential of Hydrogen</i>
PICI	= Polyiron Klorida
P ₁	= Kelompok perlakuan yang dikontakkan pada koagulan serbuk biji trembesi (Samanea saman) dengan konsentrasi 0,7 gr/L dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit dan 230 rpm selama 25 menit.
P ₂	= Kelompok perlakuan yang dikontakkan pada koagulan serbuk biji trembesi (Samanea saman) dengan konsentrasi 1,4 gr/L dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit dan 230 rpm selama 25 menit.
P ₃	= Kelompok perlakuan yang dikontakkan pada koagulan serbuk biji trembesi (Samanea saman) dengan konsentrasi 2,2 gr/L dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit dan 230 rpm selama 25 menit.
R	= Random
RAL	= Rancangan Acak Lengkap
rpm	= <i>Revolutions per Minute</i>
R-OH	= Gugus Aldehid
R-NH ₂	= amina
TSS	= <i>Total Suspended Solid</i>
α-CH	= Kabonil Enoliable
°C	= Derajat Celcius
%R	= Efisiensi Removal

DAFTAR NOTASI



%	=	Persentase
(=	Buka kurung
)	=	Tutup kurung
>	=	Lebih dari
<	=	Kurang dari
+	=	Positif
/	=	Atau
±	=	Ditambah dikurangi
≠	=	Tidak sama dengan

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan (UU No 32 Tahun 2009). Masalah pencemaran lingkungan. Khususnya pencemaran air di Indonesia, telah menunjukkan gejala yang cukup serius. Data status kualitas air Indonesia tahun 2016 menunjukkan sebanyak 571 sungai mengalami pencemaran dengan status cemar ringan hingga berat (Badan Pusat Statistik, 2017). Penyebab pencemaran air salah satunya berasal dari buangan industri pabrik atau kegiatan lain yang membuang begitu saja air limbahnya tanpa pengolahan terlebih dahulu ke sungai atau ke laut. Salah satu kegiatan yang menghasilkan limbah cair adalah industri pabrik tempe.

Tempe merupakan salah satu makanan tradisional yang sudah biasa dikonsumsi serta digemari oleh masyarakat Indonesia dari semua kalangan. Tempe juga merupakan salah satu jenis makanan yang kaya akan sumber protein dengan bahan dasar kacang kedelai. Kandungan nutrisi yang terkandung dalam tempe antara lain adalah protein, asam amino, lemak dan lain sebagainya. Sebagian besar produk tempe di Indonesia dihasilkan oleh industri skala kecil yang sebagian besar terdapat di Pulau Jawa. Namun, di sisi lain industri tempe ini juga menghasilkan limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan (Mujiyanto, 2013:4).

Industri tempe merupakan salah satu industri rumah tangga yang dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah, baik padat maupun cair. Limbah padat tersebut dihasilkan dari kulit kedelai dan kedelai rusak yang mengambang pada proses pencucian. Limbah padat tersebut sudah banyak dimanfaatkan untuk makanan ternak. Limbah cair industri tempe dihasilkan dari proses perebusan, perendaman dan pencucian kedelai. Limbah cair industri tempe termasuk dalam limbah *biodegradable*, yaitu limbah yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme.

Kandungan limbah cair tempe adalah bahan organik, padatan tersuspensi serta bahan koloid seperti lemak, protein dan selulosa dengan konsentrasi tinggi. Dari hasil limbah cair industri pabrik tempe dapat meningkatkan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solids* (TSS) dan Kekeruhan (*Turbidity*). Limbah cair yang mempunyai kandungan zat tersuspensi tinggi tidak boleh dibuang langsung ke badan air karena di samping dapat menyebabkan pendangkalan juga dapat menghalangi sinar matahari masuk ke dalam dasar air sehingga proses fotosintesa mikroorganisme tidak dapat berlangsung (Sugiharto,1987:165).

Salah satu industri tempe UD.X yang berada di Kecamatan Patrang Kabupaten Jember merupakan industri yang berkembang pesat di lingkungan kecamatan tersebut. Industri tempe ini sudah ada sejak tahun 1991. Industri tempe ini sudah ada cukup lama tetapi masih belum memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), sehingga diketahui limbah cair tempe tidak dikelola dengan baik melainkan langsung dialirkan ke Sungai Bedadung. Tanpa proses penanganan yang baik, limbah cair tempe yang langsung dibuang ke Sungai Bedadung akan menyebabkan berlebihnya kandungan bahan organik pada air limbah. Kandungan bahan organik yang berlebihan dalam air limbah dapat menyebabkan bau busuk (Nadhiroh, 2014:6). Bau busuk ini muncul karena ada proses pembusukan bahan organik oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut, sehingga bakteri membutuhkan oksigen dalam jumlah yang cukup banyak untuk mendegradasi bahan buangan organik (Sulistiyorini *et al*, 2014:71). Oksigen terkonsumsi yang habis menyebabkan biota tersebut tidak dapat hidup (Ginting, 2010:52). Kandungan zat organik dan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan, dapat diketahui dengan melakukan pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solids* (TSS) dan Kekeruhan (*Turbidity*) (Asmadi dan Suharno, 2012:11).

Penanganan limbah cair dapat dilakukan dengan beberapa pengolahan, pengolahan secara fisik dengan menggunakan filtrasi, pengolahan secara biologi menggunakan lumpur teraktivasi dan biofilter, sedangkan untuk pengolahan secara kimia dengan koagulasi dan flokulasi (Sugiharto, 1987: 165). Pengolahan

secara fisik dan biologi membutuhkan waktu dan area yang luas dibandingkan dengan metode koagulasi flokulasi yang lebih efektif karena membutuhkan waktu dan area jauh lebih kecil. Selain itu, metode pengolahan ini dapat digunakan sebagai proses pengolahan utama.

Proses koagulasi merupakan proses pengumpulan partikel-partikel penyusun kekeruhan yang tidak dapat diendapkan dengan cara pemberian bahan koagulan (Said, 2017:91). Jenis koagulan dalam pengolahan kimia dibagi menjadi 2, yaitu koagulan alami dan koagulan kimia. Jenis koagulan kimia yaitu aluminium sulfat, klorida besi sulfat, ferri sulfat dan ferri klorida. Koagulan alami yang digunakan yaitu kitosan dan ekstrak tanaman. Ekstrak tanaman yang sering dimanfaatkan adalah biji, eksudat dan daun. Contoh pemanfaatan koagulan alami dari ekstrak tanaman diantaranya biji kelor, biji asam jawa dan biji trembesi.

Pemilihan biji trembesi sebagai koagulan alami karena mudah didapat di beberapa pohon trembesi di sekitar lingkungan Universitas Jember, Kecamatan Rambipuji, Perhutani Kota Madiun, serta ramah lingkungan memiliki kandungan protein yang tinggi dan zat-zat fitokimia salah satunya adalah tanin. Kandungan tanin pada biji trembesi dapat bekerja dengan tepat pada kondisi pemberian koagulan yang tepat dan waktu pengendapan yang optimum (Tanin memiliki peranan biologis yang kompleks) mulai dari pengendap protein hingga pengkelat logam. Tanin dapat membantu kekeruhan karena mampu mengadsorpsi air limbah. Selain itu adanya kandungan kalsium juga dapat digunakan sebagai koagulan alami pada biji trembesi, hal ini disebabkan oleh ion Ca^{2+} yang dapat bereaksi dan berikatan dengan protein dan bersama lipid membentuk gumpalan (Hasanah, 2014:)

Hasil penelitian Fitria (2016) menunjukkan bahwa proses penurunan BOD, COD dan TSS pada pengolahan limbah cair tempe menggunakan koagulan biji trembesi akan efektif pada pemberian konsentrasi koagulan 0,7 g/L yang mampu menurunkan BOD sebesar 8,74% dan COD sebesar 32,92% sedangkan untuk TSS pada konsentrasi 1,2 g/L mampu menurunkan TSS sebesar 73,10% kekeruhan limbah cair tempe. Kecepatan pengadukan yang tepat juga menentukan terjadinya penurunan kadar BOD, COD dan TSS. Kecepatan optimum pada penurunan BOD

yaitu dengan kecepatan 200 rpm menurunkan BOD sebesar 48,90%, penurunan COD pada kecepatan 220rpm menurunkan sebesar 76% dan TSS pada kecepatan 220 rpm menurunkan TSS sebesar 67,15%. Pemberian konsentrasi dan kecepatan optimum pada penurunan BOD 2,2 g/L; 200 rpm hasil penurunan 60,61%, COD dengan konsentrasi 0,7g/L dan kecepatan 220 rpm dengan hasil penurunan 88,96% dan TSS dengan pemberian konsentrasi 1,2 g/L dengan kecepatan 180 rpm hasil penurunan 81,25%.

Hasil pengujian laboratorium pada penelitian Utami (2012:3) mendapatkan dosis biji trembesi sebesar 0,8 gr/L yang mampu menetralkan air hingga sesuai dengan baku mutu lingkungan. Selain itu dapat diketahui bahwa proses penetralan dengan menggunakan biji trembesi mampu menetralkan air, sehingga metode ini dianggap efektif dalam menghilangkan zat-zat pencemar berbahaya pada limbah dalam bentuk koloid.

Berdasarkan latar belakang di atas peneliti tertarik untuk menganalisis pengolahan limbah cair tempe dengan menggunakan metode koagulasi dan flokulasi biji trembesi untuk menurunkan BOD, COD, TSS dan kekeruhan pada limbah cair tempe dengan pemilihan waktu dan kecepatan pengadukan yang berbeda dari penelitian sebelumnya, yaitu lebih dari 200 rpm dan 300 rpm dengan variasi konsentrasi koagulan 0,7 g/L dan 2,2 g/L.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian permasalahan yang telah diuraikan pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Apakah terdapat perbedaan kadar BOD, COD, TSS, Kekeruhan antara limbah cair yang tidak dikontakkan dengan koagulan biji trembesi dengan limbah cair tempe yang dikontakkan dengan koagulan biji trembesi (*Samanea Saman*) 0,7 g/L, 1,4 g/L, 2,2 g/L dalam satu waktu dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit berlanjut dengan 230 rpm selama 25 menit ?”

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan kadar BOD, COD, TSS dan Kekeruhan yang tidak diberikan perlakuan penambahan serbuk biji trembesi dengan limbah cair tempe yang diberikan perlakuan penambahan variasi konsentrasi serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) 0,7 g/L, 1,4 g/L, 2,2 g/L dalam satu waktu dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit berlanjut dengan 230 rpm selama 25 menit?”

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Menganalisis sumber limbah industri cair tempe di UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember
- b. Menganalisis karakteristik limbah industri cair tempe di UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember
- c. Mengukur kadar BOD, COD, TSS, Kekeruhan yang tidak diberikan penambahan serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) dalam satu waktu kecepatan pengadukan
- d. Mengukur kadar BOD, COD, TSS, Kekeruhan yang diberikan penambahan serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) 0,7 g/L, 1,4 gr/L, 2,2 gr/L dalam satu waktu kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit berlanjut dengan 230 rpm selama 25 menit
- e. Menganalisis perbedaan kadar BOD, COD, TSS, Kekeruhan limbah cair tempe yang tidak diberikan penambahan serbuk biji trembesi dengan limbah cair tempe yang diberikan penambahan variasi konsentrasi serbuk biji trembesi 0,7 g/L, 1,4 g/L, 2,2 g/L dalam satu waktu kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit berlanjut dengan 230 rpm selama 25 menit.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pengembangan kajian ilmu pengetahuan di bidang kesehatan masyarakat khususnya dalam bidang kesehatan lingkungan tentang pengolahan limbah cair.

1.4.2 Manfaat Praktis

a. Bagi Masyarakat

Sebagai bahan informasi terkait ilmiah mengenai salah satu pengolahan yang sederhana dengan memanfaatkan biji trembesi (*Samanea saman*) untuk pengolahan limbah cair tempe.

b. Bagi Mahasiswa

Memberikan pengetahuan dan wawasan baru tentang pengolahan limbah cair tempe dengan memanfaatkan koagulan alami biji trembesi (*Samanea saman*).

c. Bagi Peneliti

Dapat memantapkan ilmu yang didapat sehingga bisa diterapkan kepada masyarakat sebagai bahan informasi terkait pengolahan yang sederhana dengan memanfaatkan biji trembesi (*Samanea saman*) untuk pengolahan limbah cair tempe sehingga dapat diaplikasikan pada industri skala kecil dan diharapkan agar kedepannya pemerintah daerah maupun dinas terkait dapat melakukan pemantauan terhadap industri-industri tempe yang sudah memiliki perijinan usaha maupun yang belum terkait pembuangan limbah cairnya.

d. Bagi Fakultas

Memberikan informasi mengenai pemanfaatan biji trembesi (*Samanea saman*) untuk menurunkan BOD, COD, TSS, Kekeruhan pada pengolahan limbah cair tempe.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

2.1.1 Pengertian Limbah Cair

Limbah cair adalah suatu kegiatan industri atau kegiatan usaha yang lainnya menghasilkan limbah dalam wujud cair dimana limbah cair tersebut langsung dibuang ke lingkungan dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan sehingga menurunkan kualitas lingkungan (KepGub Jawa Timur No. 45, 2002). Limbah merupakan suatu sisa dari kegiatan manusia yang tidak diterima lingkungan karena tidak memiliki nilai guna dan ekonomis (Soeparman, 2001:314). Berdasarkan Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah, limbah adalah suatu buangan atau kotoran yang berasal dari kegiatan atau usaha berwujud cair secara langsung dibuang ke lingkungan dan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.

a. Limbah cair industri

Buangan hasil proses/sisa dari suatu kegiatan/usaha industri yang berwujud cair yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang (Soeparman, 2001:318).

b. Limbah cair domestik

Hasil buangan dari perumahan, bangunan perdagangan, perkantoran dan sama sejenisnya. Aliran terbesar berasal dari rumah tangga yang mempunyai beberapa kamar mandi, mesin cuci otomatis dan peralatan lain yang menggunakan air (Soeparman, 2001:319).

2.1.2 Limbah Cair Industri Tempe

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tempe memiliki potensi pencemaran lingkungan yang cukup tinggi jika langsung dibuang ke badan air. Hal ini diakibatkan kandungan zat organik dan *nutrient* yang cukup tinggi dalam

limbah cair tahu dan tempe (Sugiharto, 1987:50). Limbah cair industri tempe berasal dari tahapan fermentasi kedelai, berikut tahapan proses pembuatan tempe (Sugiharto, 1987:51).

- a. Kedelai direbus, setelah itu kedelai direndam 1 malam sampai lunak dan berlendir, kemudian dicuci sampai bersih.
- b. Kedelai dipecah dengan mesin pencacah sampai terbelah dua dan kulit kedelai terpisah. Kulit kedelai dipisahkan dengan cara hasil pemecahan kedelai dimasukkan ke dalam air, sehingga kulit kedelai mengembang dan dapat dipisahkan.
- c. Kedelai dikupas kemudian dicuci kembali sampai bersih, selanjutnya diproses peragian dengan cara mencampurkan ragi yang telah dilarutkan dan didiamkan selama lebih kurang 10 menit.
- d. Kedelai yang telah mengandung ragi ditiriskan sampai hampir kering, kemudian dibungkus dengan daun pisang. Kedelai difermentasikan selama 2 hari diperoleh tempe.

Kualitas limbah cair tempe yang dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dan Perda Jateng No. 10 Tahun 2004 tentang baku mutu limbah cair, menunjukkan hasilnya melebihi baku mutu yang dapat mencemari lingkungan apabila dibuang langsung tanpa pengolahan yang ditunjukkan tabel 2.1

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Tempe

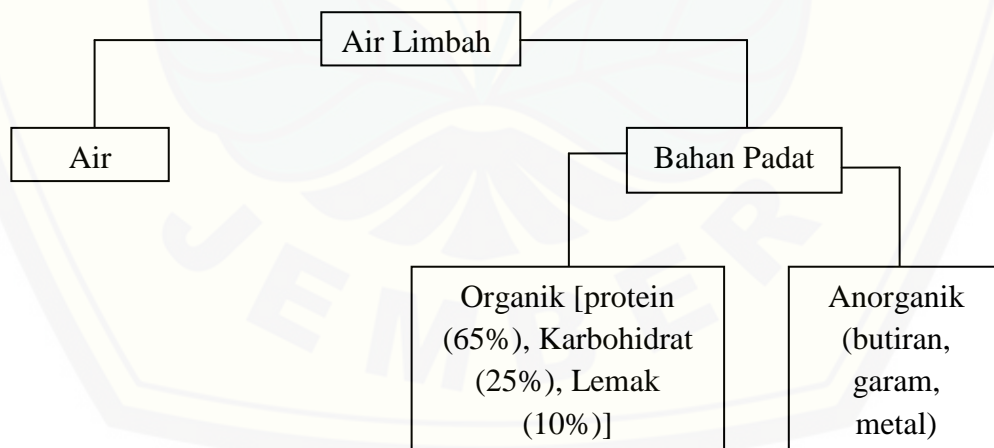
No.	Parameter	Kadar (mg/L)	Beban (Kg/ton)
1.	BOD	150	1,5
2.	COD	300	3
3.	TSS	100	1
4.	Kekeruhan		5 NTU
5.	pH		6-9
6.	Kualitas Air Limbah Paling Tinggi (m ³ /ton)		10

Sumber : Kementrian Lingkungan Hidup (2014)

Karakteristik buangan limbah tempe yang perlu diperhatikan, karakteristik fisika meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu 37-45°C suhu berasal dari proses pemasakan kedelai, suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas dan tegangan permukaan (Sugiharto, 1987:165). Limbah cair tempe memiliki bau, kekeruhan 535-585 *Formazin Turbidity Unit* (FTU). Karakteristik kimia pada limbah cair tempe meliputi ammonia 23,3-23,5 mg/L berasal dari bahan organik pada limbah cair tempe yang didegradasi mikroorganisme sehingga menimbulkan bau yang menyengat. Jumlah jenis bahan organik dalam limbah cair tempe yang semakin banyak, akan menyulitkan pengelolaan limbah karena beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme di dalam air limbah tempe dengan nilai BOD dan COD > 1000 mg/L (Sugiharto, 1987:55).

2.1.3 Komposisi Air Limbah

Komposisi air limbah tergantung dari sumbernya, tetapi sebagian besar air limbah memiliki komposisi sebagai berikut :



Gambar 2.1 Komposisi Air Limbah
Sumber: Sugiharto (1987)

Menurut Kusnopranto (1997:56) secara umum bahan pencemar limbah cair dapat dikelompokkan dalam 8 jenis utama, yaitu :

- a. Limbah yang memerlukan oksigen
- b. Agen-agen penyebab penyakit
- c. Bahan kimia inorganik dan mineral
- d. Bahan kimia organik
- e. Unsur nutrisi tumbuh-tumbuhan terutama nitrat dan fosfat
- f. Sedimen dan endapan (tanah, lumpur, pasir dan bahan-bahan padat dari erosi)
- g. Bahan radioaktif
- h. Panas

2.1.4 Kuantitas Limbah Cair Industri Tempe

Limbah cair yang dihasilkan dari usaha pembuatan tempe setiap harinya tidak kurang dari sepuluh kali volume kedelai yang diproses. Sebagaimana halnya buangan limbah cair tempe, dalam kondisi baru tidak menimbulkan bau dan baru berbau setelah 12 jam kemudian (Sadimin, 2007:77). Limbah cair dari beberapa tahapan proses pembuatan tempe dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Limbah Cair Industri Tempe 500 kg Bahan Baku Kedelai

Proses	Kebutuhan Air Bersih (Liter)	Limbah Cair yang Dihasilkan (Liter)	Keterangan
Pencucian	2000	2000	Sifat tidak berbahaya
Perebusan 30 menit	1000	990	Sifat limbah mencemari
Perendaman	1000	770	Sifat limbah mencemari
Pembuangan kulit ari	-	-	Sifat tidak berbahaya
Perebusan 2 jam	1000	970	Sifat limbah mencemari
Peragian	-	-	Sifat tidak berbahaya

Pengemasan	-	-	Sifat tidak berbahaya
Fermentasi	-	-	Sifat tidak berbahaya
Jumlah	5000	4730	-

Sumber: Sadimin, 2007

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tempe berkisar 75-80% dari penggunaan air dalam proses produksi tempe. Pada dasarnya limbah cair yang dihasilkan sangatlah banyak, karena proses produksi tempe menggunakan banyak air dalam proses produksinya (Sadimin, 2007:7).

2.1.5 Dampak Limbah Cair

Menurut Wisnu Arya W (1995:74) limbah adalah sisa hasil kegiatan sehingga dibuang harus diolah terlebih dahulu agar tidak menimbulkan dampak negatif. Berikut adalah dampak yang ditimbulkan oleh limbah, yaitu :

a. Gangguan terhadap kesehatan

Air limbah dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia karena banyak terdapat bakteri pathogen dan dapat menjadi media penularan penyakit. Selain itu, air limbah juga dapat menyebabkan iritasi, bau, suhu yang tinggi serta bahan yang mudah terbakar.

b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Banyaknya zat yang terkandung dalam air limbah menyebabkan kadar oksigen terlarut dalam air menurun sehingga kehidupan di dalam air akan terganggu. Temperatur limbah yang tinggi juga akan menyebabkan kematian organism air. Kematian bakteri akan menyebabkan penjernihan air limbah menjadi terhambat dan sukar diuraikan.

c. Gangguan terhadap keindahan

Limbah yang mengandung ampas, lemak dan minyak akan menimbulkan bau, wilayah sekitar akan licin oleh minyak, tumpukan ampas yang akan mengganggu dan menurunkan estetika lingkungan.

d. Gangguan terhadap benda

Air limbah yang mengandung CO₂ akan mempercepat proses terbentuknya karat pada benda yang terbuat dari besi dan bangunan. Kadar pH limbah yang terlalu rendah atau tinggi dapat menyebabkan kerusakan terjadinya penyumbatan dan membocorkan saluran air limbah. Hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan materil karena biaya perawatan yang semakin besar.

Menurut Wisnu Arya W (1995:80) dampak limbah terhadap manusia diantaranya adalah disebabkan oleh mikrobiologi dalam air. Contoh penyakit yang ditimbulkan antara lain :

- a. Tifoid, disebabkan oleh kuman *Salmonella thyposa*
- b. Kolera, disebabkan oleh *Vibrio Kolera*
- c. Leptospirosis, disebabkan oleh *Spirochaeta*
- d. Giardiasis, dapat menimbulkan diare oleh sejenis protozoa
- e. Disentri, disebabkan oleh *Entamoeba histolytica*

Dampak kandungan pH, BOD, COD, TSS, kekeruhan, ammonia dalam air limbah terhadap kesehatan manusia adalah air limbah merupakan reservoir bagi kehidupan berbagai mikroorganisme termasuk yang pathogen sehingga dapat membawa penyakit bagi manusia. Limbah cair yang memiliki nilai BOD dan COD tinggi tentunya akan memiliki kandungan organik yang tinggi sehingga memudahkan bakteri-bakteri pathogen masuk ke dalam tubuh. Apabila limbah cair yang memiliki nilai BOD dan COD tinggi tersebut dibuang ke lingkungan atau perairan, maka tentunya bakteri-bakteri pathogen beserta hasil metabolismenya yang menimbulkan bau menyengat serta menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia maupun hewan yang ada di sekitar perairan tersebut (Wisnu, 1995:94).

Sedangkan limbah cair yang mengandung bahan kimia dapat membahayakan kesehatan manusia. Bahan pencemar kimia tersebut dapat menimbulkan penyakit baik secara langsung maupun tidak langsung. Kandungan pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi adalah salah satu parameter pencemaran oleh kimia, yang apabila dibuang langsung ke lingkungan akan menimbulkan penyakit. Antara lain penyakit dermatitis (kulit), iritasi pada mata dan titik ekstim

dapat menimbulkan keracunan akut. Materi tersuspensi (TSS) mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk ke dalam air. Sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan ini disebabkan adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik berupa plankton dan mikroorganisme lain. Oleh karenanya, manfaat air dapat berkurang dan organisme yang butuh cahaya akan mati. Kematian organisme ini akan mengganggu ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi ini mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu aliran dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi (Wisnu, 1995:95).

Adanya amonia dalam air menunjukkan adanya pencemaran oleh kotoran manusia atau kotoran hewan dalam perairan. Apabila limbah yang mengandung kadar ammonia tinggi dibuang langsung ke badan air, maka akan menyebabkan penyakit pada manusia. Jalur penularannya yaitu secara *oralfecal infection* bahkan ada pula infeksi secara langsung melalui penetrasi kulit, misalnya penyakit cacing tambang dan *Schistosomiasis* (Wisnu, 1995:101).

2.1.6 Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe

Pengolahan limbah cair industri tempe ada beberapa metode yang digunakan untuk mengolah limbah cair industri, diantaranya yaitu menggunakan metode *long term pilot plant assessment* dapat digunakan untuk mengolah limbah tempe yang mampu menyisihkan COD sebesar 76,6% (Sugiharto, 1987:166). Menggunakan metode batch untuk menyisihkan KMnO₄ 66,16% pada dosis optimum 2,5 gr/L dan kecepatan 200 rpm selama 1 menit memanfaatkan biji kelor sebagai koagulan alami (Sudiro, 2006:23-24). Menggunakan metode *jar test* untuk menyisihkan kadar BOD 82,62%; COD 81,72%; TSS 76,47% dengan biji asam jawa sebagai koagulan alami. Untuk penyisihan BOD 83,9%; COD 73,1; TSS 93,1%

menggunakan bioremediasi (Wiryani E, 2007:8). Getah trembesi dapat digunakan untuk menurunkan kekeruhan sebesar 1 NTU.

2.2 Koagulasi dan Flokulasi

Salah satu proses yang dilakukan untuk pengolahan air limbah menjadi air bersih adalah proses koagulasi, yang termasuk dalam metode pengolahan secara kimiawi. Proses koagulasi adalah proses penambahan bahan koagulan partikel yang berukuran kecil dalam air sehingga dapat melekat satu sama lain dan tersuspensi pada media filter. Tujuan koagulasi untuk mendestabilisasikan partikel untuk melekat pada partikel lainnya dalam proses selanjutnya. Proses koagulasi biasanya mencakup interaksi partikel untuk membentuk agregat yang lebih besar. Pada proses koagulasi kontaminan tidak mudah untuk hilang begitu saja, melainkan harus meningkatkan dan mempermudah dalam proses pemisahan selanjutnya. Penggunaan tawas merupakan bahan yang paling banyak digunakan di tahun 1930-an, sebagai koagulan (Beltran *et al.* 2010:217).

Flokulasi adalah suatu mekanisme dimana flok kecil yang sudah terbentuk dalam proses koagulasi tadi membentuk flok yang lebih besar untuk bisa mengendap. Proses flokulasi dalam pengolahan air bertujuan untuk mempercepat proses penggabungan flok-flok yang telah dibibitkan pada proses koagulasi. Partikel-partikel flok yang telah distabilkan selanjutnya saling bertumbukan serta melakukan proses tarik-menarik dan membentuk flok yang ukurannya makin lama makin besar serta mudah mengendap (Beltran *et al.*: 2010:219).

Koagulasi dan flokulasi terjadi secara berurutan, memungkinkan tumbukan partikel dan pertumbuhan flok. Hal ini kemudian diikuti oleh sedimentasi. Jika proses koagulasi tidak sesuai dengan langkah-langkahnya, maka proses koagulasi tidak akan berhasil dan jika proses flokulasi tidak sesuai, sedimentasi tidak akan bisa terjadi. Flokulasi merupakan tahapan pencampuran lembut, meningkatkan ukuran partikel dari mikroflok submikroskopis menjadi partikel tersuspensi yang tampak. Partikel mikroflok bertabrakan, menyebabkan mereka terikat untuk menghasilkan flok yang lebih besar dan terlihat disebut dengan pinflocs. Ukuran flok terus terbentuk dengan tumbukan dan interaksi tambahan dengan polimer

anorganik tambahan (koagulan) atau polimer organik. Macroflocs terbentuk dan polimer dengan berat molekul tinggi, yang disebut alat bantu koagulan, dapat ditambahkan untuk membantu menjembatani, mengikat dan memperkuat flok, menambah berat dan meningkatkan pengendapan. Setelah flok mencapai ukuran dan kekuatan optimum, air siap untuk disedimentasi (Beltran *et al*, 2010:220).

2.2.1 Mekanisme Koagulasi

Koagulasi merupakan proses yang kompleks dan melibatkan banyak reaksi kimia yang saling berhubungan dengan langkah-langkah perpindahan massa. Seperti yang dilakukan dalam pengolahan air, proses ini pada dasarnya terdapat empat langkah yang berurutan, yaitu transformasi koagulan, pengambilan spesies terserap, partikel mengalami destabilisasi dan tabrakan antar partikel (Nusa Idaman Said, 2017: 99).

Transformasi koagulan merupakan interaksi antara adsorbat-koagulan biasanya partikel menjadi tidak stabil setelah terjadi pencampuran bahan kimia yang digunakan sebagai koagulan. Tabrakan antar partikel yang menyebabkan pembentukan agregat (flok) dimulai saat pengadukan tetapi biasanya pembentukan flok yang terbesar terjadi pada proses flokulasi. Contoh dari koagulasi, ketika garam aluminium sulfat yang dikenal sebagai tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$) atau biasa disebut aluminium hidrolisis yang digunakan, menyebabkan terjadinya koagulasi ketika tawas yang dicampur dengan air untuk pengolahan pada air limbah. Contoh koagulan yang terbentuk adalah silica aktif, *polyaluminium klorida* (PACl), *polyiron klorida* (PiCl) (Juliana. 2013:237).

2.2.2 Koagulan

Bahan kimia yang dapat mengendapkan disebut koagulan. Bahan ini dapat mengendapkan partikel-partikel koloid. Pada saat penambahan koagulan, partikel-partikel koloid yang sebelumnya melayang-layang dalam air akan diikat menjadi partikel besar yang disebut flok. Ukuran partikel yang besar dapat mengendap karena gaya gravitasi. Koagulan anorganik yang banyak digunakan dalam pengolahan air atau limbah cair diantaranya pada Gambar 2.1 *aluminium sulfat*

(alum), *polialuminum klorida* (PAC), besi sulfat, besi klorida dan lain-lain (Winarni, 2003:4).



Gambar 2.2 Jenis-jenis koagulan kimia (a) granul Aluminium sulfat; (b) serbuk polialuminum klorida (c) serbuk besi sulfat (Anonim, 2014).

Faktor yang menentukan keberhasilan suatu proses koagulasi, yaitu (Nusa Idaman Said, 2017:118) :

a. Jenis koagulan yang dipakai

Jenis koagulan yang akan digunakan tergantung pada karakteristik air limbahnya, disebabkan jenis koagulan tertentu akan optimum pada pH limbah cair tertentu. Contoh koagulan aluminium sulfat mampu bekerja di pH 5,5-7,5 pH optimum 7,0. *Ferric klorida* mampu bekerja pada pH 5,0-8,5 pH optimum 7,5. Biji trembesi mampu bekerja pada pH 4,0-5,5 pH optimum 4,5 (Rachmawati dan Winarni, 2019:40)

b. Konsentrasi Padatan

Konsentrasi padatan tersuspensi dan terlarut yang terkandung dalam air limbah berpengaruh terhadap kebutuhan bahan koagulan maupun flokulan. Konsentrasi padatan tersuspensi dan terlarut semakin besar, maka kebutuhan bahan koagulan dan flokulan semakin kecil begitu juga sebaliknya, disebabkan pada konsentrasi padatan yang tinggi sehingga jarak antar partikel semakin dekat dan memudahkan proses penggabungan. Konsentrasi koagulan optimum serbuk biji asam jawa pada pengolahan limbah cair tempe 1500 mg/L (Rachmawati dan Winarni, 2009:41). Penggunaan koagulan alami dari serbuk biji kelor, kaktus dengan konsentrasi 0,1 gr/500mL; 0,3 gr/500mL; dan 0,2 gr/500mL dapat

menyisihkan COD 75% dan kekeruhan 78,54% pada limbah cair penyamakan (Rizky dan Sunarto, 2017:6)

c. Waktu Pengadukan

Proses koagulasi merupakan proses pengadukan cepat. Waktu pengadukan pada proses koagulasi pada limbah antara 1 sampai 5 menit. Kecepatan putaran pengaduk lebih dari 100 rpm. Gradien kecepatan (G) yang diperlukan untuk pengolahan air limbah biasanya 20 sampai 75 detik (Nusa Idaman Said, 2017:111). Waktu pengadukan yang cepat untuk digunakan biasanya 1 menit.

Faktor lain yang mempengaruhi keberhasilan proses koagulasi, yaitu :

a. Kecepatan Pengadukan

Berdasarkan kecepatannya, pengadukan dibedakan menjadi dua, yaitu pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Kecepatan pengadukan dinyatakan dengan gradien kecepatan (G), yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai. Pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan besar (300 sampai 1000 detik⁻¹). Waktu yang diperlukan pada saat pengadukan cepat tidak lebih dari satu menit (Beltran et al, 2010:215). Pengadukan cepat yang efektif sangat penting ketika menggunakan koagulan logam seperti aluminium dan *ferric chloride* (Risdianto, 2007). Kecepatan pengadukan optimum yang digunakan 180 rpm /80rpm pada penyisihan BOD, COD dan TSS pada limbah cair tempe (Ramadhani dan Moesriati, 2013:51) sedangkan penggunaan kecepatan pengadukan 100rpm/30rpm pada limbah cair penyamakan (Kazi dan Virupakshi, 2013:101).

b. Suhu

Suhu air dapat memiliki efek yang signifikan pada koagulasi dan flokulasi. Suhu yang rendah menyebabkan penurunan kecepatan pembentukan flok. Suhu juga mengubah distribusi energi kinetik yang mempengaruhi aliran turbulen. Faktor bahan kimia lebih penting daripada efek gerakan fluida, tetapi faktor kinetik fisik lebih penting daripada faktor kimia. Suhu pada limbah tempe kurang lebih 45°C (Wiryani, 2007:35).

c. Kontrol pH

Derajat keasaman (pH) air limbah mempengaruhi kinerja dari bahan koagulan, karena setiap jenis koagulan bekerja efektif pada rentang pH tertentu. Koagulan aluminium sulfat bekerja efektif pada $\text{pH} > 6$, koagulan ferro sulfat pada rentang pH 4-7, sedangkan senyawa polimer tidak dipengaruhi pH (Edwald, 2011). Pada koagulan alami kaktus dan biji kelor efektif pada pH 4,5- 5,5 pada limbah penyamakan (Kazi dan Virupakshi, 2013:89).

Flokulasi adalah proses pembentukan partikel flok yang besar dan padat agar mudah diendapkan. Proses flokulasi dilakukan setelah pengadukan cepat (Baruth, 1998). Flokulasi merupakan pengelompokan/aglomerasi antara partikel dengan koagulan menggunakan proses pengadukan lambat atau slow mixing (Risdianto, 2007:7). Menurut Asmadi dan Suharno (2012) terdapat dua perbedaan pada proses flokulasi, yaitu:

- a. Flokulasi perikinetik adalah aglomerasi partikel-partikel sampai ukuran mikrometer dengan mengandalkan gerak Brown. Penambahan koagulan untuk meningkatkan flokulasi perikinetik.
- b. Flokulasi ortokinetik adalah aglomerasi partikel-partikel sampai ukuran di atas 1 mikrometer yang gerak Brown diabaikan pada kecepatan tumbukan antar partikel, tetapi memerlukan pengaduk buatan (artificial mixing). Contoh flokulasi ortokenik pengadukan air yang membentuk flok.

Efisiensi dari proses flokulasi pada prakteknya seringkali dari kualitas air setelah dilakukan pemisahan flok secara mekanik. Cara pemisahan zat padat atau flok sangat penting dan sangat dipengaruhi oleh bentuk flok yang ada. Faktor yang diperhatikan untuk mencapai kondisi flokulasi yang dibutuhkan antara lain (Nusa Idaman Said, 2010:115) :

a. Waktu Flokulasi

Estimasi waktu yang paling optimum penggunaan biji trembesi sebagai koagulan untuk menurunkan BOD, COD, TSS pada 45 menit. Waktu pengadukan pembentukan flok yang semakin lama, maka semakin sempurna dan mudah untuk diendapkan (Asmadi dan Suharno, 2012:75).

b. Jumlah Energi yang Diberikan

Kecepatan putaran pengaduk pada pengolahan berpengaruh terhadap ukuran flok yang terbentuk, kecepatan putaran pengaduk dapat memecah flok yang sudah terbentuk. Proses koagulasi kecepatan putaran pengaduk lebih kurang 100 rpm. Pada limbah tempe kecepatan pengadukan optimum 180 rpm.

c. Jenis dan Jumlah Koagulan/Flokulan

Jenis koagulan yang digunakan tergantung pada karakteristik limbah cair, disebabkan karena jenis koagulan tertentu akan bekerja optimum pada pH tertentu. Penggunaan koagulan alami kaktus pada pengolahan limbah cair penyamakan dengan pH 5,5 mampu menyisihkan COD 75% dan kekeruhan 78,54% (Kazi dan Visupakshi, 2013:456).

d. Pengendapan pH Pada Proses Flokulasi

Penggunaan biji trembesi pada limbah industri pupuk mampu menyisihkan kadar fosfat pada kondisi pH 5,2 (Utami, 2011:7).

2.3 Parameter Fisik-Kimia Pada Limbah Cair

2.3.1 Suhu

Suhu adalah besaran yang memiliki satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$). Pada temperatur yang rendah aktivitas biologi seperti pertumbuhan dan reproduksi akan menjadi lebih lambat begitu juga sebaliknya. Limbah cair memiliki suhu lebih tinggi daripada air bersih. Suhu limbah cair biasanya dipengaruhi oleh kondisi udara disekitarnya, air panas yang dibuang dari sisa pendingin mesin industri ataupun rumah tangga. Pengukuran suhu sangat penting karena berpengaruh pada jenis pengolahan yang akan diaplikasikan (Sugiharto, 1987:14). Pada limbah cair tempe memiliki suhu 85°C yang berasal dari proses pemasakan kedelai, setelah dilakukan pengolahan pada limbah cair tempe menggunakan bioremediasi suhu turun menjadi 30°C (Prakash N *et al*, 2014:23).

2.3.2 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

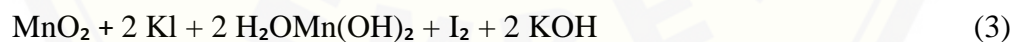
BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan oleh populasi mikroorganisme yang berada dalam kondisi aerob untuk menstabilkan materi organik (Darmono, 2010:90). Hasil tes BOD digunakan untuk :

- Menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk stabilisasi biologi dari zat organik yang ada.
- Menentukan ukuran fasilitas pengolahan limbah cair.
- Menyesuaikan dengan baku mutu efluen limbah cair.

Dari hasil nilai BOD 950 mg/L menunjukkan polutan organik yang tinggi pada limbah cair tempe (Rachamawati *et al*, 2009:46). Analisis BOD dapat ditentukan dengan 2 macam metode (Duncan *et al*, 1994-164) :

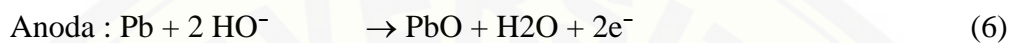
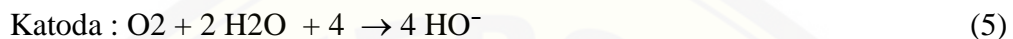
- Metode Winkler

Prinsip metode winkler dengan menggunakan titrasi iodometri. Sampel yang akan dianalisis terlebih dahulu ditambahkan larutan $MnCl_2$ dengan $NaOH - KI$, sehingga akan terjadi endapan MnO_2 . Penambahan H_2SO_4 atau HCl , maka endapan yang terjadi akan larut kembali dan juga akan membebaskan molekul iodium (I_2) yang ekuivalen dengan oksigen terlarut. Iodium yang dibebaskan ini selanjutnya dititrasi dengan larutan standar natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) dan menggunakan indikator larutan amylase (kanji). Reaksi kimia yang terjadi sesuai dengan persamaan 1 – 4.



Metode winkler lebih analitis apabila dibandingkan dengan cara alat DO meter. Hal yang perlu diperhatikan dalam titrasi iodometri ialah penentuan titik akhir titrasi, standarisasi larutan tiosulfat, dan pembuatan larutan standar kaliumbikromat yang tepat. Mengikuti prosedur penimbangan kalium bikromat dan standarisasi tiosulfat secara analitis, akan diperoleh hasil penentuan oksigen terlarut yang lebih akurat.

Metode elektrokimia adalah cara langsung untuk menentukan oksigen terlarut dengan alat DO meter. Prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit. Pada alat DO meter, biasanya menggunakan katoda perak (Ag) dan Anoda timbale (Pb). Secara keseluruhan, elektroda dilapisi dengan membrane plastik yang bersifat *semipermeable* terhadap oksigen. Reaksi kimia yang terjadi sesuai dengan persamaan 5 dan 6.



Aliran reaksi yang terjadi tersebut tergantung dari aliran oksigen pada katoda. Difusi oksigen dari sampel ke elektroda berbanding lurus terhadap konsentrasi oksigen terlarut.

2.3.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

Jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator (K_2CrO_7) untuk mengoksidasi seluruh material baik organik maupun anorganik yang terdapat di dalam air (Metcalf dan Eddy, 2003:66). Nilai COD berhubungan dengan kadar oksigen terlarut yang juga merupakan parameter penting karena dapat digunakan untuk mengetahui gerakan masa air serta merupakan indikator yang peka bagi proses-proses kimia dan biologi. Analisis COD berbeda dengan analisis BOD, namun perbandingan antara angka COD dengan angka BOD dapat ditetapkan. Analisis COD menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji BOD, disebabkan bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologis dan mikroorganisme dapat ikut terkoreksi dalam uji COD (Effendi, 2003:34). Pada nilai COD 1534 mg/L disebabkan banyaknya polutan organik yang terdapat dalam limbah cair tempe. Analisis COD menggunakan metode :

a. Titrimetri

Analisis titrimetri menetapkan volume suatu larutan yang konsentrasinya telah diketahui atau disebut dengan larutan standar. Larutan standar ditambahkan

dalam buret. Metode titrasi dibagi empat yaitu, titrasi asam basa, titrasi redoks, titrasi pengendapan, titrasi kompleksometri (Enrieo, 2007:86).

b. Refluks (Titrasi)

Metode ini menggunakan $K_2Cr_2O_7$ sebagai oksidator dengan suhu tertentu. Penambahan oksidator menjadikan proses oksidasi bahan organik menjadi air dan CO_2 , setelah dipanaskan sisa dikromat diukur. Dikromat dianalisis dengan titrasi penambahan larutan fero ammonium sulfat (FAS) (Enrico, 2007:30).

2.3.4 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah jumlah berat dalam mg/L lumpur kering yang ada di dalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membrane berukuran $0,45 \mu m$. *Total Suspended Solid* (TSS) atau padatan tersuspensi total adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $> 1 \mu m$) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori $0,45 \mu m$ (Suharto, 2011:321). Nilai TSS $6424,7 \text{ mg/L}$ yang tinggi pada limbah tempe, mempengaruhi kualitas sungai berkurangnya jumlah spesies dan jumlah individu makhluk hidup (Heryando, 2004:48).

2.3.5 Kekeruhan (*Turbidity*)

Cahaya yang jatuh pada permukaan air sebagian akan dipantulkan dan sebagian lagi masuk kedalam air. Cahaya yang masuk inilah yang akan menentukan kecerahan suatu perairan. Cahaya yang masuk dalam air akan mengalami pembiasan sehingga kecepatannya cepat menurun kemudian menghilang pada kedalaman tertentu. Cahaya matahari pada posisi titik kulminasi (jam 12:00 siang) hanya dapat menembus kedalaman air jernih sampai 100 m. Kecerahan air sangat dipengaruhi oleh kondisi air seperti adanya kekeruhan, kekentalan, warna dan gelombang permukaan air. Semakin tinggi tingkat kekeruhan air semakin dangkal cahaya yang dapat menembus air (penetrasi cahaya). Demikian pula semakin kental dan bergelombang semakin pendek daya

tembus cahaya dalam air. Oleh karena itu terjadi hubungan terbalik antara kecerahan dengan kekeruhan, kekentalan dan gelombang permukaan air. Kecerahan yang baik untuk kehidupan ikan adalah kecerahan dengan jumlah cahaya matahari yang masuk optimal sehingga proses fotosintesa dapat berjalan seimbang dan jumlah fitoplankton yang memadai untuk makanan ikan. Kisaran kecerahan perairan untuk kehidupan ikan adalah 25 – 40 cm untuk air tawar dan 7 – 12 m untuk air laut (Darmawangsa, 1986:88).

Kekeruhan air dapat terjadi karena plankton, suspensi partikel tanah atau humus. Kekeruhan karena suspensi koloid tanah/lumpur, terlebih lagi bila ditambah dengan adanya hidroksida besi, maka akan sangat berbahaya bagi ikan karena partikel tersebut dapat menempel pada insang sehingga insang dapat rusak dan mengakibatkan terganggunya pernapasan ikan. Kekeruhan yang diakibatkan oleh partikel zat padat dalam jumlah besar juga dapat menghalangi penetrasi cahaya matahari ke dalam air, sehingga akan mempengaruhi proses fotosintesis serta pertumbuhan tanaman air dan fitoplankton yang hidup di dalamnya. Akibatnya tanaman air dan fitoplankton sebagai persediaan pakan alami ikan dan penyedia oksigen terlarut yang dibutuhkan ikan untuk proses respirasi (pernapasan) dalam air berkurang. Kekeruhan yang diharapkan adalah kekeruhan oleh kepadatan plankton, karena plankton dapat dimanfaatkan ikan sebagai makanan alami, bahkan plankton kelompok nabati (phytoplankton) dapat membantu menyerap senyawa yang berbahaya bagi ikan antara lain menyerap ammonia secara langsung dan menyerap nitrit secara tidak langsung. Untuk pengujian kekeruhan air dilakukan dengan metode *Jackson Candler Turbidimetry* dan alatnya disebut turbidimeter. Turbidimeter adalah suatu metode analisis kuantitatif yang berdasarkan pada pelenturan sinar oleh suspensi zat padat (Darmawangsa, 1986:90).

2.4 Jar Test

Jar test biasanya digunakan untuk menentukan koagulan yang tepat dan dosis koagulan yang diperlukan untuk proses koagulasi air tertentu. Pada tes ini, sampel

air dituangkan ke dalam beberapa *breaker glass* pada peralatan jar test (Gambar 2.2) kemudian dengan berbagai dosis koagulan dan bantuan koagulan ditambahkan ke dalam *breaker glass* tersebut. Setelah itu, diaduk dengan cepat untuk mensimulasikan pengadukan cepat lalu diaduk dengan lambat untuk mensimulasikan flokulasi. Dalam waktu tertentu yang telah ditentukan, proses pengadukan akan berhenti dan flok yang telah terbentuk dibiarkan mengendap. Aspek yang harus diperhatikan dalam proses *jar test* adalah waktu pembentukan flok, ukuran flok, karakteristik pengendapan, penghilangan kekeruhan, warna dan pH akhir. Pemberian dosis kimia berdasarkan perkiraan dosis yang dibutuhkan untuk pengolahan (Reynold dan Richards, 1996:90). Suatu larutan koloidal yang mengandung partikel-partikel kecil dan koloid dapat dianggap stabil apabila (Alaerts dan Santika, 1987:52) :

- a. Partikel-partikel kecil ini terlalu ringan untuk mengendap dalam waktu yang pendek (beberapa jam).
- b. Partikel-partikel tersebut tidak dapat menyatu, bergabung dan menjadi partikel yang lebih besar dan berat karena muatan elektrostatis antara partikel satu dengan lainnya.

Proses flokulasi pada prinsip jar test terdiri atas tiga langkah, yaitu (Alaerts dan Santika, 1987:52) :

- a. Pelarutan reagen melalui pengadukan cepat (1 menit; 100 rpm).
- b. Pengadukan lambat untuk membentuk flok-flok (15 menit; 20 rpm). Pengadukan terlalu cepat dapat merusak flok yang telah terbentuk.
- c. Penghapusan flok-flok dengan koloid yang terkandung dari larutan melalui sedimentasi (15menit atau 30 menit; 0 rpm).



Gambar 2.3 Alat Jar Test

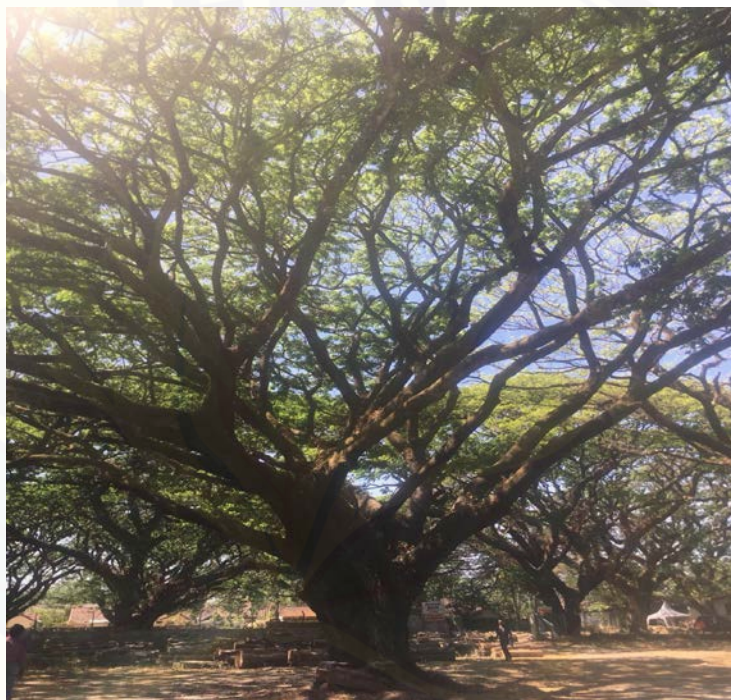
2.5 Trembesi (*Samanea saman*)

Trembesi merupakan tanaman pelindung yang mempunyai banyak manfaat. Taksonomi pada tumbuhan berdasarkan Silitonga R (2010:100) klasifikasi trembesi sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Rosidae
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabaceae
Genus	: <i>Samanea Merr</i>
Spesies	: <i>Samanea saman</i> (Jacq) Merr

Trembesi merupakan tanaman asli yang berasal dari Amerika tropis seperti Meksiko, Peru dan Brazil namun terbukti dapat tumbuh di berbagai daerah tropis dan subtropis. Trembesi tersebar luas di daerah yang memiliki curah hujan rata-rata 600-3000 mm/tahun pada ketinggian 0-200 mdpl. Trembesi dapat bertahan pada daerah yang memiliki bulan kering 2-4 bulan dan kisaran suhu 20°C-38°C. pertumbuhan pohon trembesi optimum pada kondisi hujan terdistribusi merata

sepanjang tahun. Pohon trembesi mempunyai kanopi yang cukup luas (Gambar 2.3). Trembesi dapat mencapai tinggi maksimum 15-25 m. Diameter setinggi dada mencapai 1-2 m. Trembesi memiliki kanopi berbentuk payung, dengan penyebaran horizontal kanopi yang lebih besar dibandingkan tinggi pohon jika ditanam di tempat yang terbuka. Pada kondisi penanaman yang lebih rapat, tinggi pohon trembesi bisa mencapai 40 m dan diameter kanopi lebih kecil. Trembesi dapat tumbuh di berbagai jenis tanah dengan pH tanah 6,0-7,4 meski disebutkan toleran hingga 8,5 dan minimal pH 4,7 (Staples *et al*, 2006:268).



Gambar 2.4 Pohon Trembesi

Pohon trembesi dapat berbunga sepanjang tahun. Ratusan kelompok bunga berkembang bersamaan memenuhi kanopi pohon sehingga pohon terlihat berwarna merah muda (Gambar 2.4). Penyerbukan dilakukan oleh serangga, umumnya hanya satu bunga berkelompok yang dibuahi. Biji dalam polong pada (Gambar 2.4) terbentuk dalam 6-8 bulan dan setelah tua akan segera jatuh. Polong berukuran 15-20 cm berisi 5-20 biji. Biji berwarna coklat kemerahan, keluar dari polong saat polong terbuka. Biji memiliki cangkang yang keras, namun dapat segera berkecambah begitu jatuh di tanah. Biji dapat dikoleksi dengan mudah dengan cara mengumpulkan polong yang jatuh dan mengeringkannya sampai

terbuka (Nusa Idaman Said. 2017:111). Biji trembesi dapat digunakan sebagai koagulan karena memiliki kandungan protein tinggi. Polielektrolit biasanya digunakan sebagai koagulan limbah cair. Polielektrolit membantu koagulasi dengan menetralkan muatan-muatan partikel koloid (Beltran *et al*, 2010:130). Selain itu biji trembesi memiliki kandungan fitokimia, yaitu tannin, flavonoid, steroid, saponin, cardiac glikosida dan terpenoid. Tanin atau sering disebut tannic acid adalah senyawa polifenol yang larut dalam air dan sering terkandung pada tanaman, serta dapat mempercepat proses pengendapan. Proses pengendapan tersebut terjadi karena reaksi kimia yang disebut reaksi Mannich (Yin C, 2010:374)). Reaksi Mannich adalah suatu reaksi organik yang melibatkan kondensasi dari senyawa karbonil enolable (senyawa asam α -CH) untuk menghasilkan suatu senyawa β - amina karbonil yang dikenal sebagai basa Mannich dan biasanya digunakan formaldehida dan amina primer maupun sekunder. Reaksi Mannich menghasilkan gugus aldehyd (R- OH) dan amina (R-NH₂) yang mampu mengikat partikel koloid. Komposisi kimia yang terkandung pada biji trembesi dapat dilihat di Tabel 2.3.



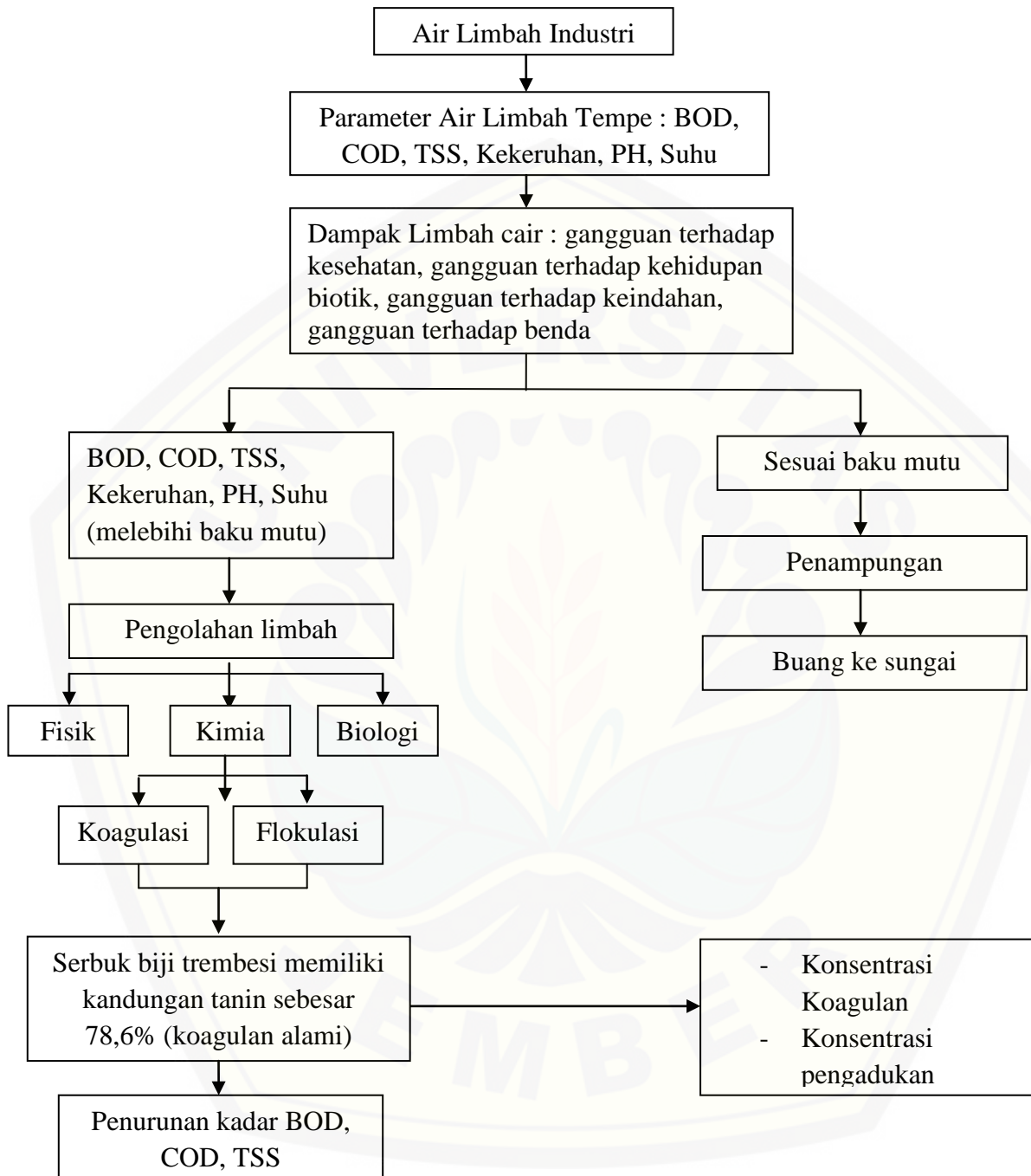
Gambar 2.5 Tumbuhan Trembesi, A : Bunga Tumbuhan Trembesi; B : Buah Trembesi; C : Biji Trembesi

Tabel 2.3 Komposisi kimia yang terdapat pada biji trembesi dengan analisis XRF

Bahan	Jumlah Kandungan (%)	Bahan	Jumlah Kandungan (%)
P	4,74	P ₂ O ₅	9,64
K	68,7	K ₂ O	63,8
Mn	0,25	MnO	0,23
Fe	0,73	Fe ₂ O ₃	0,72
Cu	0,24	CuO	0,21

Sumber : Utami (2011)

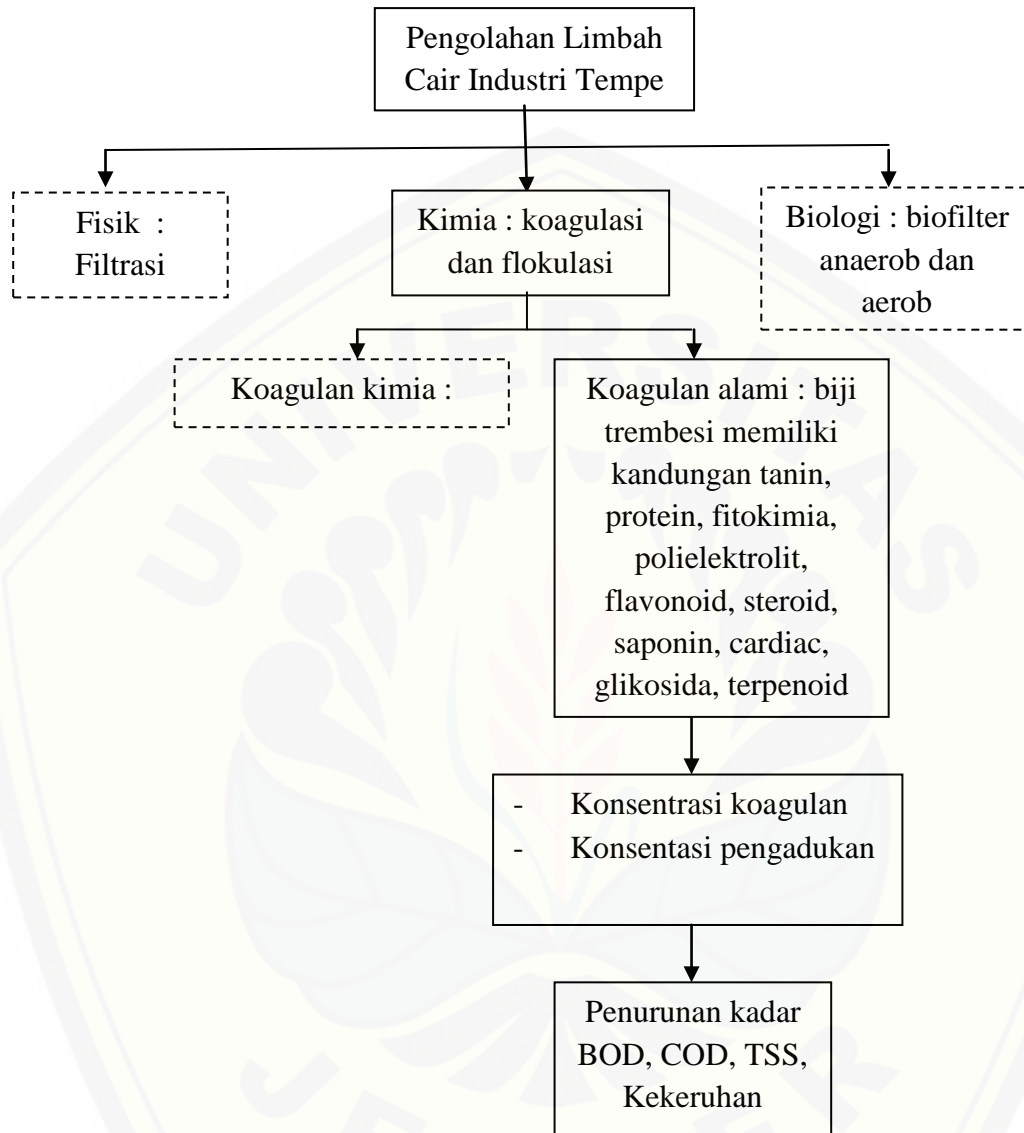
2.6 Kerangka Teori



Sumber: Modifikasi Beltran et al (2010), Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 (2013), Nusa Idaman Said (2017) dan Sugiharto (1987)

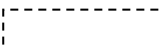
Gambar 2.6 Kerangka Teori

2.7 Kerangka Konsep



Keterangan:

 : Diteliti

 : Tidak Diteliti

Gambar 2.7 Kerangka Konsep

Kerangka konsep diatas menjelaskan bahwa biji trembesi yang sudah dibuat menjadi serbuk akan dimasukkan ke dalam 4 gelas breaker yang berisi 1000 mL dengan konsentrasi sebanyak 0 g/L, 0,7 g/L, 1,4 g/L dan 2,2 g/L dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit dilanjutkan dengan 230 rpm selama 25 menit, kemudian diendapkan selama 60 menit. Langkah selanjutnya dilakukan pengukuran BOD, COD, TSS dan Kekeruhan. Penelitian ini melakukan pengulangan sebanyak 6 kali pada setiap perlakuan.

2.8 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tinjauan pustaka dan kerangka konseptual dapat disusun hipotesis sebagai berikut : Apakah terdapat perbedaan kadar BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada limbah cair tempe berdasarkan : Variasi konsentrasi koagulan serbuk biji trembesi sebesar 0,7 g/L, 1,4 g/L dan 2,2 g/L.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan yaitu true experimental dengan desain *Posttest Only Control Design*. Penelitian eksperimen (*Experimental research*) adalah suatu penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian serta adanya kontrol, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti. Pengaruh perlakuan dilakukan dengan cara membandingkan kelompok yang diberi perlakuan dan tidak diberi perlakuan (Sugiyono, 2014).

Pada desain ini terdapat empat kelompok yang masing-masing dipilih secara random (R), yaitu kelompok yang diberi perlakuan koagulan biji trembesi 0,7 g/L (P₁), kelompok yang diberi perlakuan koagulan biji trembesi 1,4 g/L (P₂), kelompok yang diberi perlakuan koagulan biji trembesi 2,2 g/L (P₃) dan kelompok yang tidak diberi perlakuan disebut kelompok kontrol (K₀) dengan kecepatan pengadukan yaitu 300 rpm dilanjutkan dengan 230 rpm, serta kombinasi keduanya. Konsentrasi tersebut didapatkan dari penelitian-penelitian sebelumnya. Dalam penelitian dengan desain ini untuk melihat suatu pengaruh treatment dan dianalisis menggunakan uji beda (Notoadmodjo, 2012:60).

3.2 Unit Eksperimen dan Replikasi Penelitian

3.2.1 Unit Eksperimen

Unit eksperimen dalam penelitian ini adalah biji trembesi yang diolah menjadi serbuk di Laboratorium Farmasi dan dilakukan pengolahan limbah cair tempe pada penyisihan BOD, COD, TSS, Kekeruhan di laboratorium Fakultas Teknik Pertanian Universitas Jember.

3.2.2 Replikasi

Jumlah pengulangan/replikasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dihitung menggunakan rumus :

$$(t-1) (n-1) \geq 15$$

$$(4-1) (n-1) \geq 15$$

$$3n - 3 \geq 15$$

$$3n \geq 18$$

$$n \geq 6$$

Keterangan :

t : Perlakuan/treatment, yaitu 4

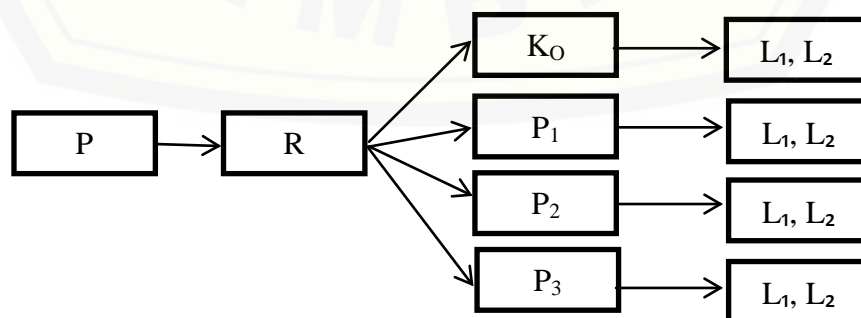
n : Pengulangan/replikasi

15 : Faktor nilai derajat kesehatan

Diketahui nilai n adalah 6. Artinya setiap perlakuan dilakukan pengulangan replikasi sebanyak enam kali. Jumlah pengulangan/replikasi ditetapkan dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Total replikasi} &= n \times t \\ &= 6 \times 4 \\ &= 24 \end{aligned}$$

Jumlah pengulangan/replikasi dari empat perlakuan adalah 24 pengulangan/replikasi



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Keterangan :

- P : Populasi
 R : Random
 Ko : Koagulan konsentrasi 0 g/L
 P₁ : Koagulan konsentrasi 0,7 mg/L
 P₂ : Koagulan konsentrasi 1,4 g/L
 P₃ : Koagulan Konsentrasi 2,2 g/L
 L₁ : Kecepatan Pengadukan 300 rpm selama 2 menit
 L₂ : Kecepatan Pengadukan 230 rpm selama 25 menit

Tabel 3.1 Tata Letak RAL Penelitian

Kontrol (0 g/1 L)	Perlakuan I (0,7 g/1 L)	Perlakuan II (1,4 g/1 L)	Perlakuan III (2,2 g/1 L)
Ko 1	P ₁ 1	P ₂ 1	P ₃ 1
Ko 2	P ₁ 2	P ₂ 2	P ₃ 2
Ko 3	P ₁ 3	P ₂ 3	P ₃ 3
Ko 4	P ₁ 4	P ₂ 4	P ₃ 4
Ko 5	P ₁ 5	P ₂ 5	P ₃ 5
Ko 6	P ₁ 6	P ₂ 6	P ₃ 6

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

3.3.1 Tempat Penelitian

Pengambilan sampel air dilakukan di pabrik tempe UD.X di Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Untuk pembuatan serbuk biji trembesi dilakukan di Laboratorium Biologi Fakultas Farmasi Universitas Jember dan untuk koagulasi

dan flokulasi serta pengujian kadar BOD, COD, TSS, Kekeruhan pada sampel dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Pertanian Universitas Jember UNEJ.

3.3.2 Waktu Penelitian

Waktu Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Agustus 2018-November 2018.

3.4 Objek Penelitian dan Teknik Pengambilan Objek Sampel

3.4.1 Sampel Penelitian

Objek yang diambil dalam penelitian ini adalah limbah cair tempe yang berasal dari Industri Tempe UD.X Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember. Penelitian ini menggunakan limbah cair tempe yang diambil pada saat akan dibuang ke badan air yang akan dilakukan pengukuran dengan pencampuran serbuk biji trembesi. Jumlah objek yaitu 24 liter dengan jumlah sampel sebanyak 24 sampel. Variasi konsentrasi serbuk biji trembesi yang digunakan dalam penelitian ini, yakni sebanyak 0,7g/L, 1,4 g/L dan 2,2 g/L dengan pengadukan dalam satu waktu yaitu kecepatan pengadukan sebesar 300 rpm selama 2 menit dilanjutkan dengan pengadukan lambat 230 rpm selama 25 menit.

3.4.2 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan Grub Samples, yaitu pengambilan sampel air yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu. Cara pengambilan sampel sesuai dengan SNI 6989.58:2008 tentang metode pengambilan contoh air.

3.5 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

3.5.1 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini, yaitu variabel bebas, terikat dan kontrol. Variabel bebas yang digunakan adalah konsentrasi koagulan 0, 0,7, 1,4

dan 2,2 (g/L) dan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit dilanjutkan dengan 230 rpm selama 25 menit. Variabel terikat adalah dalam penelitian ini adalah BOD (mg O₂/L), COD (mg/L), TSS (mg/L), Kekeruhan (NTU). Variabel kontrol meliputi : jumlah air limbah 1 L, lama pengendapan 60 (menit) yang diberikan perlakuan sama pada setiap sampel.

3.5.2 Definisi Operasional

Definisi operasional merupakan suatu definisi yang diberikan kepada variabel dengan cara memberikan arti atau menspesifikasikan kegiatan ataupun memberikan suatu operasional yang diperlukan untuk mengukur konstruk atau variabel tersebut. Definisi operasional dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat Pengukuran	Skala Data	Satuan
A	Variabel Terikat				
	BOD	Jumlah oksigen yang diperlukan mikroorganisme yang dalam kondisi aerob untuk menstabilkan materi organik	Botol Wingkler	Rasio	mg/Liter
	COD	Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair secara kimia	Spectrofotometer	Rasio	mg/Liter

	TSS	Jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada dalam limbah setelah penyaringan dengan membrane, berukuran 0,45 mikron. Penentuan zat padat tersuspensi (TSS) berguna untuk mengetahui kekeruhan pencemaran air limbah domestik	Kertas saring dan dioven dengan suhu 103°C-105°C	Rasio	mg/Liter
	Kekeruhan	Suatu kandungan bahan organik yang tersuspensi dan terlarut (lumpur, pasir halus, plankton dan mikroorganism lain).	Turbidity Meter	Rasio	NTU
B	Variabel Bebas				
	Konsentrasi Koagulan	Konsentrasi bahan yang diperoleh dari serbuk (biji trembesi) yang digunakan untuk mengkoagulasi limbah cair. Adapun variasi konsentrasi serbuk biji trembesi 0 g/L, 0,7 g/L(P ₁), 1,4 g/L (P ₂) dan 2,2 g/L(P ₃).	Neraca Analitik OHAUS	Rasio	gram/Liter
	Konsentrasi Pengadukan	Kecepatan untuk mencampurkan koagulan (biji trembesi) ke dalam limbah cair untuk proses koagulasi. Adapun kecepatan pengadukan yang digunakan adalah 300 rpm selama 2 menit dilanjutkan dengan 230 rpm selama 25 menit.	Jar test	Rasio	rpm

	Efisiensi Removal	Persentase efisiensi penyisihan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan dapat diperoleh dengan membandingkan nilai BOD, COD, TSS dan Kekeruhan sampel awal sebelum dan sesudah dilakukan proses koagulasi-flokulasi.	$\%R = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$	Rasio	%
--	-------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------	-------	---

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Pembuatan Ekstrak Biji Trembesi

Proses pembuatan ekstrak biji trembesi diawali dengan pengumpulan buah trembesi yang didapatkan dari perhutani di Kota Madiun. Berikut langkah-langkah proses pembuatan :

- a. Mengumpulkan buah trembesi dari perhutani, kemudian menimbang sesuai kebutuhan yang dibutuhkan.
- b. Biji trembesi dipisahkan dari buahnya lalu dicuci sampai bersih.
- c. Biji trembesi diangin-anginkan selama 24jam di suhu ruang
- d. Haluskan dengan mesin penghalus (mesin selep) biji trembesi yang sudah kering sampai halus menjadi serbuk kemudian diayak dengan ayakan ukuran 120 mesh.
- e. Menimbang serbuk biji trembesi
- f. Ekstrak serbuk biji trembesi halus dan siap digunakan.

3.6.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- | | |
|----------------------------------------|--------------------------|
| a. Alat <i>jar test</i> | m. Neraca Analitik OHAUS |
| b. Mesin penghalus (selep) | n. Labu ukur |
| c. Ayakan <i>mesh</i> 120 | o. Batang pengaduk |
| d. Ayakan dapur | p. Gelas breaker |
| e. Pipet tetes | q. Pipet volume |
| f. Gelas ukur 100 mL (Duran) | r. Botol sampel |
| g. Penjepit kertas saring | s. Pipet tetes |
| h. Cawan petri | t. Buret |
| i. Erlenmeyer | u. Kertas label |
| j. Corong hisap 500 mL (Suction Flask) | v. pH meter |
| k. Kertas saring (Whatman no 42) | w. Kertas karbon |
| l. Tissue. | x. Turbidty meter |

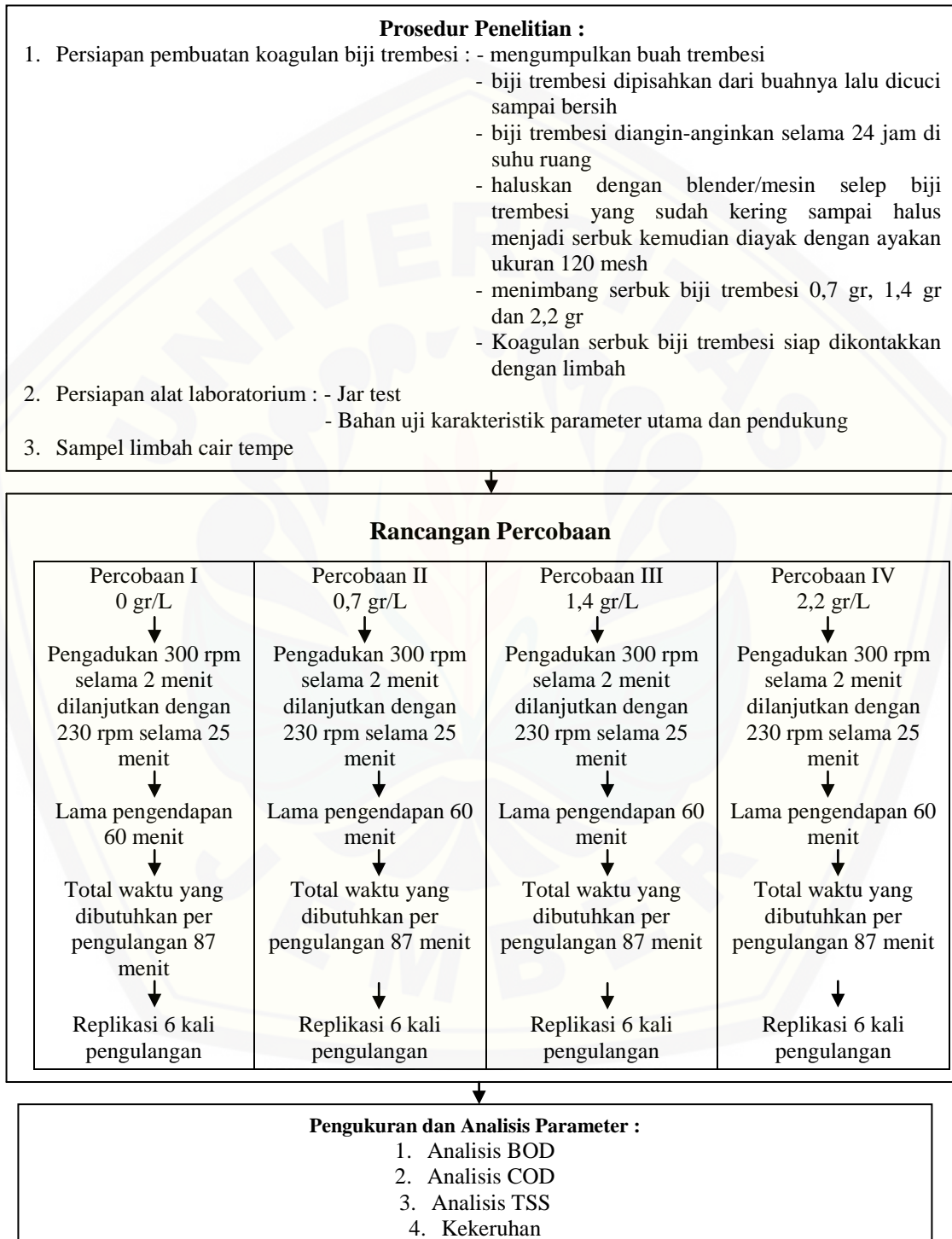
3.6.3 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------------------|
| a. Limbah cair industri tempe | f. Larutan alkali iodide azida |
| b. Akuades | g. Indikator amilum |
| c. Larutan NaOH | h. Larutan natrium tiosulfat |
| d. Larutan HCl | i. Serbuk biji trembesi (<i>Samanea saman</i>) |
| e. Larutan mangan sulfat | |

3.7 Tahapan Penelitian

Tahapan kegiatan penelitian seperti di Gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

3.7.1 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pada pelaksanaan penelitian adalah 4 gelas beaker 1.000 mL diberi label A, B, C dan D. Gelas beaker A, B, C dan D diberi perlakuan dengan memberikan konsentrasi koagulan sebanyak 0g/l ; 0,7 g/l ; 1,4 g/l ; 2,2 g/L. Pengisian air limbah ke dalam empat gelas beaker dilakukan secara bertahap. Air limbah sebanyak 500 mL dimasukkan ke dalam gelas beaker lalu ditambahkan koagulan biji trembesi sesuai dengan konsentrasi yang ditentukan. Kemudian, air limbah ditambahkan sampai volume 1.000 mL dalam batas meniscus gelas beaker. Air sampel pada gelas beaker tersebut di *jar test* dengan pengadukan cepat (*rapid mixing*) 300 rpm selama 2 menit. Gelas beaker yang telah mengalami pengadukan cepat dilanjutkan dengan pengadukan lambat (*slow mixing*) 230 rpm selama 25 menit. Setelah proses *jar test*, setiap sampel didiamkan sampai mengalami pengendapan selama 60 menit. Langkah selanjutnya, air sampel pada gelas beaker tersebut dilakukan pengukuran BOD, COD, TSS dan Kekeruhan

3.8 Jenis dan Sumber Data

Data merupakan bahan keterangan tentang suatu objek penelitian (Bungin, 2005). Data dapat digunakan sebagai informasi dalam penelitian. Data yang dibutuhkan dalam penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder.

3.8.1 Data Primer

Data primer adalah data yang langsung diperoleh dari sumber data pertama di lokasi penelitian atau subjek penelitian (Bungin, 2005:119). Data primer dalam penelitian ini diperoleh melalui pemeriksaan hasil penurunan BOD, COD, TSS, Kekeruhan dengan pengolahan koagulasi penambahan serbuk biji trembesi pada limbah cair pabrik tempe dengan variasi konsentrasi yang berbeda.

3.9 Teknik dan Instrumen Penelitian

3.9.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data. Tanpa mengetahui teknik pengumpulan data, maka peneliti tidak akan mendapatkan data yang memenuhi standar data yang ditetapkan (Sugiyono, 2014:57). Data diperoleh dengan cara observasi yaitu kegiatan pemantauan perhatian terhadap suatu objek dengan menggunakan seluruh alat indera. Pemantauan dilakukan dengan melakukan pengukuran kadar BOD, COD, TSS, Kekeruhan pada limbah cair sebelum dan sesudah mendapat perlakuan penambahan serbuk biji trembesi di laboratorium.

3.9.2 Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data adalah alat-alat yang digunakan untuk pengumpulan data. Data diperoleh dengan cara observasi dan dokumentasi. Observasi yaitu suatu prosedur dengan berencana meliputi melihat, mencatat situasi tertentu yang berhubungan dengan masalah penelitian (Notoadmodjo, 2012:63). Observasi pada penelitian ini didapatkan dengan mengamati percobaan apakah ekstrak biji trembesi dapat menurunkan kandungan limbah cair tempe parameter dari BOD, COD, TSS, Kekeruhan dengan pengolahan koagulasi dan flokulasi.

Dokumentasi adalah metode yang dilakukan untuk meningkatkan ketepatan pengamatan (Nazir, 2005:121). Dokumentasi dilakukan dengan mengambil gambar pada setiap tahap percobaan. Alat yang digunakan adalah kamera.

3.9.3 Pengukuran Parameter

Parameter yang dianalisis pada penelitian ini diantaranya adalah :

- a. BOD

Analisis BOD dilakukan dengan cara metode winkler (Alaerts dan Santika, 1987:154) : Akuades dipersiapkan sesuai kebutuhan volume labu ukur kemudian di aerasi minimal 1 jam. Akuades berfungsi sebagai bahan dasar air pengencer. Langkah selanjutnya ditambahkan larutan buffer fosfat, magnesium sulfat, kalsium klorida, dan feri klorida dengan perbandingan 1 mL untuk 1 liter air pengencer yang akan dibuat. Keempat larutan tersebut berfungsi untuk nutrisi mikroba. Larutan tersebut diaduk sampai rata, kemudian pH diukur karena pH yang dibutuhkan untuk air pengencer 6-7. Setelah itu dilakukan aerasi, waktu aerasi minimal 3 jam. Sampel yang telah diberi air pengencer dituangkan pada botol winkler untuk dianalisis pada hari ke nol dan hari ke lima. Air pengencer juga diisikan ke botol winkler sebagai blanko untuk dianalisis pada hari ke nol dan hari ke lima.

b. Oksigen Terlarut

Analisis oksigen terlarut dengan metode titrasi winkler pada hari ke nol prosedur langkah kerja sebagai berikut : Botol winkler yang telah berisi air pengencer disiapkan sebagai blanko dan botol winkler yang berisi sampel yang telah diencerkan dengan air pengencer untuk dianalisis pada hari ke nol. Botol winkler tersebut ditambahkan 1 mL untuk setiap botol winkler larutan mangan sulfat dan alkali iodida azida. Larutan alkali iodida azida berfungsi untuk mengikat oksigen dan membentuk endapan. Botol winkler yang telah berisi 2 larutan tersebut dikocok agar larutan merata kemudian didiamkan sampai keluar gumpalan putih dalam larutan botol winkler. H_2SO_4 pekat ditambahkan sebanyak 1 mL pada botol winkler setelah itu dikocok. Tunggu sampai gumpalan putih tersebut larut dan membentuk endapan hitam berada di dasar botol kemudian warna larutan berubah menjadi kuning. Sampel tersebut diambil 100 mL dari larutan jernih yang ada di dalam botol winkler. Dititrasi larutan jernih dengan larutan natrium tiosulfat yang telah diketahui normalitasnya sampai berwarna kuning dari larutan menjadi lebih muda. Amilum diberikan 2-3 tetes sampai larutan berwarna biru. Dititrasi kembali larutan biru sampai menjadi jernih bening untuk pertama kali. Natrium tiosulfat dicatat volume yang dibutuhkan untuk

mentitrasi larutan dari berwarna kuning menjadi biru menjadi bening. Oksigen terlarut dihitung yang ada di setiap botol winkler dengan persamaan 1.

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

Keterangan :

OT = oksigen terlarut (MgO₂/l)

A = volume titran natrium tiosulfat yang terpakai untuk titrasi (mL)

N = normalitas larutan natrium tiosulfat yang terpakai untuk titrasi (mL)

V = volume botol winkler (mL)

Penyimpanan sampel selama 5 hari dengan suhu 20°C. Disiapkan botol winkler yang berisi air pengencer saja sebagai blanko dan botol winkler yang berisi sampel yang telah diencerkan dengan air pengencer untuk dianalisis pada hari ke lima. Botol winkler dibungkus dengan kertas karbon. Botol winkler diberi label untuk memudahkan dalam membedakan antara botol blanko dan botol sampel. Oksigen terlarut dianalisis dengan metode titrasi winkler pada hari ke lima sama dengan analisis oksigen terlarut. Menghitung BOD dengan persamaan 2.

$$BOD = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] (1-P)}{p}$$

Keterangan :

BOD = BOD sebagai mg O₂/l

X₀ = OT (oksigen terlarut) sampel pada saat t=0 (mg O₂/l)

X₅ = OT sampel pada saat t=5 hari (mg O₂/l)

B₀ = OT (oksigen terlarut) blanko pada saat t=0 (mg O₂/l)

B₅ = OT blanko pada saat t=5 hari (mg O₂/l)

P = derajat pengenceran

c. COD

Analisis COD dilakukan dengan metode titrasi (Alaerts dan Santika, 1987) : larutan sampel ditambahkan sebanyak 20 mL \neq 0,4 g HgSO_4 dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Setelah itu ditambahkan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sebanyak 10 mL. Disiapkan 30 mL reagen AgSO_4 dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 5 mL. kemudian, dikocok perlahan sampai larutan tercampur dan panasnya merata. Pendingin dialirkan pada kondensor dan diletakkan gelas erlenmeyer COD di bawah kondensor digunakan sisa reagen AgSO_4 melalui kondensor dan gelas refleksi digoyangkan agar semua reagen dan sampel tercampur. Kondensor diletakkan dengan gelas erlenmeyer COD pada pemanas. Pemanas dinyalakan dan larutan direfluks selama 2 jam. Gelas refluks dibiarkan dingin dahulu, kemudian kondensor dibilas dengan air suling. Sampel disiapkan lalu dilakukan titrasi dengan menambahkan ferroin 3-4 tetes. Dikromat yang tersisa di dalam larutan setelah dilakukan pemanasan dengan COD refluks dititrasi dengan larutan standart ferro ammonium sulfat 0,10 N sampai warna hijau-kebiruan berubah menjadi coklat-kemerahan. Nilai COD didapat dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 3.

$$\text{COD mg/L} = \frac{(a \times b) \times N \times 8000}{\text{mL sampel}}$$

Keterangan :

a = mL larutan FAS yang digunakan untuk titrasi blanko

b = mL larutan FAS yang digunakan untuk titrasi sampel

N = normalitas larutan FAS

d. TSS

Langkah dalam pengukuran TSS metode gravimetric adalah (Alaerts dan Santika, 1987) kertas saring diletakkan pada cawan petri dan dipanaskan dengan oven pada suhu 105°C selama 1 jam untuk dihilangkan kadar air pada kertas saring. Setelah dioven kertas saring dimasukkan ke dalam desikator yang berisi silica gel selama 15 menit. Kertas saring dikeluarkan dari desikator dan ditimbang dengan timbangan analitik untuk didapatkan berat awal kertas saring. Kemudian,

kertas saring diletakkan dalam corong pemisah dan dibasahi dengan akuades supaya melekat. Air sampel dihomogenkan menggunakan pengaduk magnetik dan diambil ≈ 20 mL. Air sampel dituangkan ke corong pemisah dan disaring menggunakan pompa vakum. Setelah proses penyaringan, kertas saring dipindah ke dalam cawan petri untuk dipanaskan pada suhu 105°C selama 1 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu. Kertas saring dikeluarkan dari desikator dan ditimbang untuk mendapatkan berat kertas saring ditambah residu kering. Kadar TSS dihitung dengan persamaan 4.

$$\text{mg/L Zat Tersuspensi} = \text{Zat tersuspensi} = \frac{(a-b) \times 1000}{c}$$

Keterangan :

a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105°C (mg)

b = berat filter kering (sesudah dipanaskan 105°C) (mg)

c = volume sampel (mL)

e. Kekeruhan (*Turbidity*)

Tingkat kekeruhan air biasanya diukur dengan alat turbidimeter yang berprinsip pada spektroskopi absorpsi dan juga diukur dengan turbid meter berprinsip hamburan cahaya dengan peletakan detector pada 90° terhadap arah sumber sinarnya (Khopkar, 1990). Turbidimeter yang digunakan dalam penelitian ini bisa digunakan sebagai alat ukur kekeruhan air dengan terlebih dahulu melakukan pengkalibrasian dengan mengukur I_s/I_p untuk tiap standar yang sudah dibuat dengan turbiditas tertentu. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan Memasangkan/menyambungkan turbidimeter dengan sumber listrik, diamkan selama 15 menit Larutan standar diletakan pada tempat sampel yang ada dalam turbidimeter, lalu melakukan pengukuran dengan menyesuaikan nilai pengukuran dengan cara memutar tombol pengatur hingga nilai yang tertera pada layar pada turbidimeter sesuai dengan nilai standar Sampel dimasukan pada tempat pengukuran sampel yang ada pada turbidimeter Membaca skala pengukuran kekeruhan (pengukuran dilakukan 3 kali dengan menekan tombol

pengulangan pengukuran untuk setiap pengulangan) agar pengukuran tepat atau valid dan hasilnya langsung dirata-ratakan (Mahida, 1986).

3.10 Teknik Penyajian dan Analisis Data

Teknik analisis data penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dan analitik. Analisis deskriptif menggambarkan hasil uji laboratorium. Data disajikan secara deskriptif dan dalam bentuk grafik. Uji statistik dilakukan untuk melihat perbedaan pemberian serbuk biji trembesi terhadap penurunan kadar BOD, COD, TSS, Kekeruhan pada limbah cair yang tidak diberi serbuk biji trembesi dengan limbah cair yang diberi serbuk biji trembesi. Uji statistik dilakukan dengan menggunakan uji anova satu arah (*one way anova*). Uji *one way anova* merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui variabel mana saja yang berbeda dengan lainnya. Uji *One way* digunakan jika data berdistribusi normal, skala data interval rasio, varians populasi sama dan sampel tidak berhubungan satu sama lain (Santoso, 2005: 311). SPSS digunakan untuk menguji *one way anova* dengan interval kepercayaan 95% untuk melihat perbedaan masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat.

Adapun langkah-langkah dalam prosedur uji *One Way Anova* adalah :

a. Test Normalitas

Uji normalitas untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas menggunakan Kolmogrov Smirnov. Hipotesis yang digunakan dalam uji normalitas adalah :

- 1) Jika signifikansi $< 0,05$ maka distribusi adalah tidak normal
- 2) Jika signifikansi $> 0,05$ maka distribusi adalah normal (Santoso, 2005:211).

b. Test Homogenitas Varians

Asumsi dasar dari analisis ANOVA adalah seluruh kelompok penelitian harus memiliki varian yang sama. Hipotesis yang digunakan dalam tes homogenitas varian adalah :

- 1) Jika $F \text{ hitung} > F \text{ tabel } 0,05$, maka seluruh varian populasi adalah sama
- 2) Jika $F \text{ hitung} < F \text{ tabel } 0,05$, maka seluruh varian populasi adalah berbeda (Santoso, 2005:211).

c. Uji F

Uji analitik yang digunakan untuk menguji hipotesis nol bahwa semua kelompok mempunyai mean populasi yang sama adalah uji F. Harga diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat mean square antara kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ANOVA adalah :

- 1) H_0 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki nilai rata-rata populasi sama
- 2) H_1 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata-rata populasi berbeda

Dasar dari pengambilan keputusan adalah :

- 1) Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05, maka H_0 diterima
- 2) Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima (Santoso, 2005:320).

d. Test Post Hoc

Pengujian ANOVA (F test) telah diketahui bahwa secara umum seluruh kelompok memiliki perbedaan (tidak sama). Untuk mengetahui lebih lanjut perbedaan yang terjadi antar kelompok, maka digunakan Post Hoc Test dengan menggunakan salah satu fungsi Tukey (Ghozali, 2009).

Ketika hasil uji normalitas tersebut tidak menunjukkan data yang berdistribusi normal, maka dilanjutkan dengan uji Kruskal Wallis. Alat uji ini digunakan untuk data yang memiliki lebih dari dua sampel yang tidak berhubungan (Santoso, 2015:451). Hipotesis yang digunakan adalah :

- 1) H_0 : diduga seluruh populasi sama
- 2) H_1 : diduga bahwa minimal salah satu dari populasi tidak sama

Dasar pengambilan keputusan adalah :

- 1) Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima
- 2) Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak (Santoso, 2005:455-456).

Setelah dilakukan uji Kruskal Wallis maka dilanjutkan uji Mann-Whitney test untuk mengetahui perbedaan yang terjadi antar kelompok.

- e. Persentase efisiensi penyisihan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan dapat diperoleh dengan membandingkan nilai BOD, COD, TSS, Kekeruhan sampel awal sebelum dan sesudah dilakukan proses koagulasi-flokulasi dengan nilai

BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada hasil akhir setelah proses koagulasi-flokulasi. Menghitung efisiensi removal dengan persamaan 5.

$$\%R = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Keterangan :

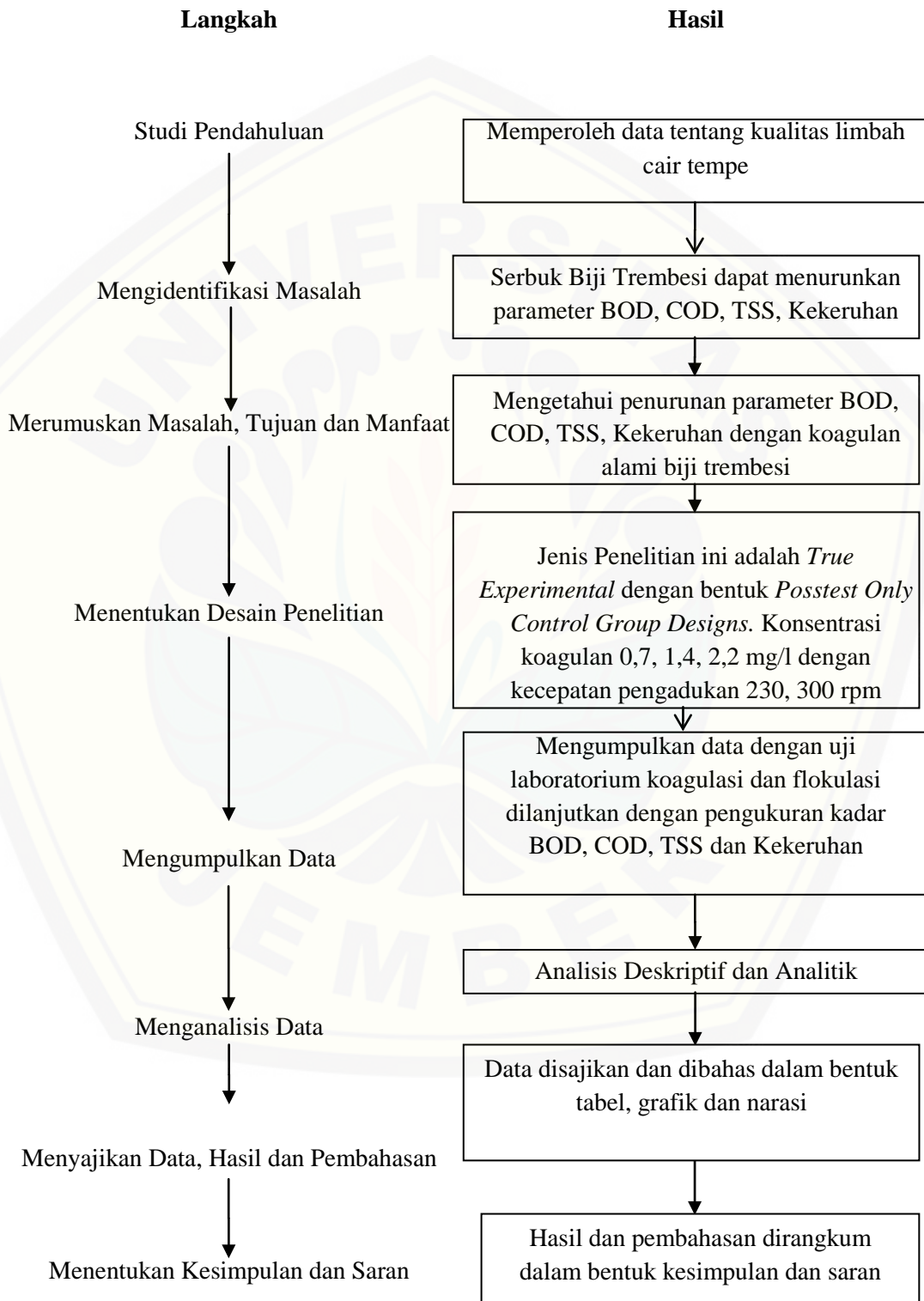
%R = efisiensi removal (%)

C_o = konsentrasi awal (mg/L)

C_e = konsentrasi akhir (mg/L)

Efisiensi penyisihan tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik sehingga dapat diketahui besarnya penyisihannya.

3.11 Kerangka Alur Penelitian



Gambar 3.3 Alur Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai “Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea Saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan Kekeruhan (*Turbidity*) Limbah Cair Tempe” tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Sumber limbah cair Industri Tempe UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember menghasilkan air limbah buangan sebesar 3.760 liter/hari yang berasal dari proses pencucian, perebusan dan perendaman. Limbah cair tersebut langsung terbuang menuju ke badan air atau Sungai Bedadung
- b. Karakteristik Limbah cair tempe berwarna putih keruh, berbau busuk yang menyengat dan berbusa, untuk Kadar awal limbah cair BOD, COD, TSS dan kekeruhan tanpa dikontakkan pada koagulan biji trembesi dan tanpa kecepatan pengadukan koagulasi flokulasi berturut-turut adalah sebesar 3.200 mg/l, 4.200, 1.820 mg/l dan 910 NTU
- c. Rerata kadar BOD, COD, TSS dan kekeruhan dalam limbah cair tempe tanpa dikontakkan pada koagulan biji trembesi dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit dilanjutkan dengan 230 rpm selama 25 menit berturut-turut adalah sebesar 1.464 mg/l, 2.419 mg/l, 1.820 mg/l dan 181 NTU.
- d. Rerata kadar BOD, COD, TSS dan kekeruhan dalam limbah cair tempe yang dikontakkan pada koagulan biji trembesi dengan konsentrasi 0,7 gr/l dan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit dilanjutkan dengan 230 rpm selama 25 menit berturut-turut adalah sebesar 507 mg/l, 2.796 mg/l, 2.398 mg/l dan 69 NTU, pada konsentrasi 1,4 gr/l berturut-turut adalah sebesar 607 mg/l, 2.435 mg/l, 1.745 mg/l dan 39 NTU, pada konsentrasi 2,2 gr/l berturut-turut adalah sebesar 1.840 mg/l, 1.418 mg/l, 1.021 mg/l dan 22 NTU.
- e. Terdapat perbedaan penurunan persentase signifikan BOD, COD, TSS dan kekeruhan antara limbah awal yang tidak dikontakkan dengan koagulan biji

trembesi dan tidak dilakukan pengadukan dengan kelompok perlakuan P₁, P₂ dan P₃. Perlakuan yang optimum dalam menurunkan kadar BOD limbah cair tempe adalah kelompok P₁ dengan persentase penurunan sebesar 82%, kadar COD penurunan yang optimum adalah pada kelompok P₃ dengan persentase penurunan sebesar 66%, kadar TSS penurunan yang optimum adalah kelompok perlakuan P₃ dengan persentase penurunan sebesar 79% dan kadar kekeruhan yang optimum adalah kelompok P₃ dengan persentasae penurunan sebesar 97%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

- a. Bagi pemerintah daerah maupun dinas terkait dapat melakukan pemantauan terhadap industri-industri tempe yang sudah memiliki perijinan usaha maupun yang belum terkait pembuangan limbah cairnya
- b. Bagi Dinas Lingkungan Hidup perlu pemantauan pembuangan limbah cair tempe untuk mengontrol pencemaran yang terjadi di lingkungan
- c. Bagi pemilik industri tempe disarankan membuat IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) untuk mengolah limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan dan dapat menggunakan koagulan biji trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan kadar BOD, COS, TSS dan kekeruhan pada limbah tersebut
- d. Perlu penelitian eksperimen lebih lanjut terkait penggunaan biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai koagulan dalam pengolahan koagulasi flokulasi selain BOD, COD, TSS dan kekeruhan pada limbah selain limbah cair tempe
- e. Perlu penelitian lebih lanjut terkait konsentrasi koagulan yang diberikan, perlu adanya *trial and error* untuk variasi konsentrasi yang akan digunakan, sehingga mampu menetralkan dan menjernihkan limbah cair tempe sesuai baku mutu lingkungan, terkait kecepatan pengadukan lebih dari 300 rpm untuk pengadukan cepat dan lebih dari 230 rpm untuk pengadukan lambat serta waktu pengendapan lebih dari 60 menit agar hasil bisa lebih optimum, perlu

penelitian lebih lanjut terkait pH dan suhu pada kontrol dan perlakuan dan dengan *Pre-Post Control Group Design* serta perlu penelitian lebih lanjut terkait pengukuran yang dilakukan per replikasi lebih dari satu kali pengukuran.



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika, S.S. 1987. *Metoda Penelitian Air. Usaha Nasional*. Surabaya.
- Ainy, K., A, Dwi., dan W. Andy. 2011. Sebaran *Total Suspended Solid (TSS)* Di Perairan Sepanjang Jembatan Suramadu Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kelautan*. Vol 4(2).
- Anita Dewi Moelyaningrum, Kholifah, dkk. Buku google scholar. Buku “*Jurnal of Global Research in Public Health*”
- Anwar Mallogi, 2017. *Dampak Limbah Cair Dari Aktivitas Institusi dan Industri*. Yogyakarta:Gosyen Publishing.
- Arief, L.M. 2016. *Pengolahan Limbah Industri*. Yogyakarta: CV Andi Offset
- Asmadi dan Suharno. 2012. *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Gosyen Publising.
- Badan Pusat Statistik. 2017. Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2017. Jakarta. <https://www.bps.go.id/publication/2017/12/21/4acfbaac0328dddfcf8250475/statistik-lingkungan-hidup-indonesia-2017.html>. [Diakses tanggal 20 oktober 2018]
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. Tempe:Persembahan Indonesia untuk Dunia. http://www.bsn.go.id/uploads/download/Booklet_tempe-printed21.pdf. [Diakses 11 April 2018].
- Bangun, A.R., Aminah, S., dan Hutahean, R.A. 2013. Pengaruh Kadar Air dan Lama Pengendapan Serbuk Biji Kelor Pengolahan Limbah Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 2(1). [Diakses 04 Juni 2018].
- Baruth, E.E. 1998. *Water Treatment Plant Design Fourth Edition*. McGraw Hill, Newyork.
- Beltran-Heredia, J., Sanchez-Martin, J., and Gomez-Munoz, M.C. 2010. *New coagulant agents from tannin extracts: Preliminary optimization studies*. *Chemical Engineering Journal*. 162.

- Budi, S.S. 2006. *Penurunan Fosfat Dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair (Studi Kasus RS Bethesda Yogyakarta)*. Tesis. Universitas Diponegoro.
- Bungin, B. 2005. *Metodelogi Penelitian Kuantitatif*. Jakarta : Prenada Media
- Chandra, B. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kedokteran EGC
- Coniwati, P., Mertha, I.D., dan Eprianie, D., 2013. *Pengaruh beberapa jenis koagulan terhadap pengolahan limbah cair industry tahu dalam tinjauannya terhadap Turbidities, TSS dan COD*. Jurnal Teknik Kimia. 22-30. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya.
- Darmono, 2010. *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran*. Jakarta:Universitas Indonesia
- Darundiati, Y.H., dan Santoso, L. 2003. *Studi Karakteristik Limbah Cair Industri Tempe di Desa Bandungrejo Kecamatan Mranggen Kabupaten Demak*. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Diponegoro.
- Duncan Mara., Sandy Cairnoross, 1994. *Pemanfaatan Air Limbah Dan Ekskreta*. Bandung:ITB
- Eckenfelder, W.W. 2000. *Industrial Water Pollution Control*. McGraw-Hill Book Companies. Singapore.
- Edwald, J.K. 2011. *Water Quality & Treatment a Handbook on Drinking Water Sixth Edition*. McGraw Hill. Newyork.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta..
- Enrico, B. 2002. *Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus indica) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Tahu*. Tesis. Universitas Sumatera Utara.
- Fitria, 2015. *Efektivitas Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Pengolahan Limbah Cair*. Jurnal Surabaya: Universitas Airlangga [diakses 5 Mei 2018]

- Geng, Y. 2005. *Applications of Flocc Analysis for Coagulation Optimization at the Split Lake Water Treatment Plant*. Master Thesis, University of Manitoba. 24
- Ghozali, I. 2009. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Semarang: BP Universitas Diponegoro
- Gonzales, G., Chaves, M., Mejias, D., and Fernandez, N. 2006. *Use of exudated gum produced by (Samanea saman) in the potabilization of the water*. Journal. Tec. Ing. Univ Zulia.
- Hendrawati, Syamsumarsih, D., dan Nurhasni. 2013. *Penggunaan biji asam Jawa (Tamarindus indica L) dan biji kecipir (Psophocarpus tetragonolobus L) sebagai koagulan alami dalam perbaikan kualitas air tanah*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- Heryando Palar, 2004. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta
- Juliana, T, P. Dan Apriliani, E. 2013. Optimasi Penggunaan Koagulan Dalam Proses Penjernihan Air. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*. Vol 2(1) : 2337-3520. [Diakses 04 Juni 2018].
- Junaidi dan Hatmanto.B.P.D. 2006. Analisis Teknologi Pengolahan Limbah Cair Pada Industri Tekstil (Studi Kasus Pt. Iskandar Indah Printing Textile). http://eprints.undip.ac.id/506/1/hal_1-6.pdf. [Diakses 12 April 2018].
- Joko, T. 2010. *Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu. 106-111, 109-112, 131-138, 145-149.
- Kementrian Lingkungan Hidup Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tentang Baku Mutu Air Limbah. <http://www.pelatihanlingkungan.com/wpcontent/uploads/2015/01/Permen-LH-5-2014-tentang-Baku-Mutu-Air-Limbah.pdf>. [Diakses 12 April 2018].
- Kimbal, R.W. 2015. *Modal Sosial dan Ekonomi Industri Kecil Sebuah Studi Kualitatif*. Yogyakarta:Deepublish
- Margaretha, Mayasari, Syaiful dan Subroto. 2012. Pengaruh Kualitas Air Baku Terhadap Dosis Dan Biaya Koagulan Aluminium Sulfat Dan Poly Aluminium Chloride. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 4(12). [Diakses 04 Juni 2018].

- Mujiyanto. 2013. Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Proses Produksi Tempe. <http://ejournal.uwks.ac.id/myfiles/201310540413349173/7.pdf>. [Diakses 10 Mei 2018].
- Nazir, M. 2005. *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Nela Ambarukmi, 2013. *Identifikasi Makrobentos Sebagai Bioindikator Pencemaran Air Di Daerah Aliran Sungai Bedadung*. Skripsi-Jember: Universitas Jember.
- Nunung Nurhayati, 2013. *Pencemaran Lingkungan*. Bandung: Yrama Widya.
- Nusa Idaman Said, 2017. *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Erlangga
- Notoatmodjo, S. 2012. *Metode Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Patra Akademia. 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. *Jurnal Teknik*. [Diakses 05 Juni 2018].
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. <http://pelayanan.jakarta.go.id/download/regulasi/peraturan-pemerintah-nomor-82-tahun-2001-tentang-pengelolaan-kualitas-air-dan-pengendalian-pencemaran-air.pdf>. [Diakses 05 Juni 2018]
- Prakash, N., Sochan, V., Dan Jayakaran, P. 2014. Waste Water Treatment by Coagulation and Flocculation. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*. Vol 3. [Diakses 12 Mei 2018].
- Rachmawati, S., Iswanto, B. Dan Winarni. 2009. Pengaruh Ph Pada Proses Koagulasi Dengan Koagulan Aluminium Sulfat Dan Ferri Klorida. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol 5(2) : 40-45. [Diakses 04 Juni 2018].

- Risdianto, D. 2007. Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang. <http://eprints.undip.ac.id/17016/>. [Diakses 05 Juni 2018]
- Rizky, M, R dan Sunarto. 2017. Efektivitas Jenis Koagulan Dan Dosis Koagulan Terhadap Penurunan Kadar Kromium Limbah Peyamakan Kulit. *Jurnal Pendidikan Kimia*. 6. [Diakses 06 Juni 2018]
- Said, N, I. dan A. Herlambang. 2003. Teknologi Pengolahan Limbah Tahu Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta. <http://www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Limbahtt/limbahtt.html>. [Diakses 21 Mei 2018].
- Santoso, S. 2005. Menguasai Statistik di Era Informasi dengan SPSS 12. Jakarta: Elex Media Komputindo
- Soemirat.2000. Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta : Gajah Mada University Press
- Soeparman, 2001. *Pembuangan Tinja Dan Limbah Cair*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Stumm, W, G., Dan Morgan, J, J. 1996. Aquatic Chemistry. Second Edition. John Wiley and Sons Inc.Singapore.
- Sugiharto. 2005. Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah. Jakarta : UI Press.
- Sugiharto, T. 2009. Analisis Varians Dalam Statistik. Jakarta : UPT Penerbitan Universitas Gunadarma
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R& D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharto, 2011. *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara Dan Air*. Yogyakarta: Andi Offset
- Supraptini. 2002. *Pengaruh Industri Terhadap Lingkungan di Indonesia*. Vol. XII, No. 2. Media Litbang Kesehatan

- Susanto, R. 2008. Optimasi Koagulasi-Flokulasi Dan Analisis Kualitas Air Pada Industri Semen. Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta. [Diakses 05 Juni 2018].
- Undang-Undang. 2009. Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. <https://www.slideshare.net/infosanitasi/uu-32-tahun-2009-pengelolaan-lingkungan>. [Diakses 05 Juni 2018]
- Utami, 2012. Uji Kemampuan Koagulan Alami Dari Biji Trembesi (*Samanea saman*), Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dan Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*) Dalam Proses Penurunan Kadar Sulfat Pada Limbah Cair Industri Pupuk. Jurnal Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan ITS [Diakses 10 Juni 2018].
- Wignyanto, N. Hidayat., dan A. Ariningrum. 2009. Bioremediasi Limbah Cair Sentra Industri Tempe Sanan Serta Perencanaan Unit Pengolahannya (Kajian Pengaturan Kecepatan Aerasi Dan Waktu Inkubasi). *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol 10. [Diakses 05 Juni 2018]
- Winarni. 2003. Koagulasi Menggunakan Alum Dan Pacl. *Jurnal Teknologi*. 7(3). [Diakses 17 April 2018].
- Wiryani, E. 2007. Analisis Kandungan Limbah Cair Pabrik Tempe. Makalah. Semarang : Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro. Skripsi. http://eprints.undip.ac.id/2121/1/Analisis_Kandungan_Limbah_Cair_Pabrik_Tempe.pdf. [Diakses 10 Mei 2018].
- Wisnu Arya Wardhana, 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi offset
- Yin, C. 2010. *Emerging Usage of Plant-Based Coagulant For Water and Wastewater*. *Process Biochemistry* 45. 1437-1444.
- Zamora, R., Harmadi., dan Wildian. 2015. Perancangan Alat Ukur TDS (*Total Dissolved Solid*) Air Dengan Sensor Konduktivitas Secara Real Time. *Jurnal Sainstek*. Vol 7(1) ; 11-15. [Diakses 05 Juni 2018]
- Zulkifli, A. 2014. *Dasar-Dasar Ilmu Lingkungan*. Jakarta: Salemba Teknika



Lampiran A. Hasil Uji Laboratorium

A. Hasil Uji Laboratorium Nilai Parameter BOD, COD, TSS dan Kekерuhan

Parameter	Variasi Perlakuan	Ulangan Ke-					
		1	2	3	4	5	6
BOD	Kontrol	1925	1780	700	1340	1220	1820
	P ₁	575	1080	190	1540	35	20
	P ₂	480	1250	80	225	835	1315
	P ₃	956	880	991	903	928	863
COD	Kontrol	2775	2745	2660	2575	2230	2530
	P ₁	2160	2180	2477	2400	2836	2563
	P ₂	2120	2260	2510	2935	2465	3320
	P ₃	1575	1610	1430	1520	1125	1250
TSS	Kontrol	2190	670	1690	1920	1590	1820
	P ₁	2290	1840	2360	2710	2770	2420
	P ₂	2610	1360	1660	1620	1670	1550
	P ₃	1190	1090	1130	1390	1210	120
Kekeruhan	Kontrol	248,7	207,3	164,3	153,3	202,7	109,3
	P ₁	53,7	87,0	44,4	89,5	36,7	103,0
	P ₂	56,3	40,6	28,7	30,5	33,5	27,8
	P ₃	31,0	25,3	28,5	20,8	24,3	27,1

Lampiran B. Hasil Uji Statistik

1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

a) Normalitas dan Homogenitas

Tests of Normality

Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kontrol	,250	6	,200*	,902	6	,384
P ₁	,231	6	,200*	,880	6	,269
P ₂	,189	6	,200*	,913	6	,455
P ₃	,140	6	,200*	,971	6	,898

- Nilai signifikansi pada seluruh sampel $> 0,05$; sehingga seluruh data berdistribusi normal.

Test of Homogeneity of Variance

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Based on Mean	5,265	3	20	,008
Based on Median	4,052	3	20	,021
Based on Median and with adjusted df	4,052	3	11,946	,033
Based on trimmed mean	5,238	3	20	,008

- Nilai F hitung $< 0,05$, sehingga seluruh varian populasi adalah berbeda atau tidak homogen.

b) Uji *Kruskal-Wallis***Ranks**

Sampel	N	Mean Rank
Kontrol	6	19,00
P ₁	6	8,50
BOD P ₂	6	10,00
P ₃	6	12,50
Total	24	

Test Statistics^{a,b}

	BOD
Chi-Square	7,740
df	3
Asymp. Sig.	,052

- **Hipotesis**

H_0 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki nilai rata-rata populasi sama

H_1 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata-rata populasi berbeda

- **Pengambilan Keputusan**

Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak

- **Keputusan**

Nilai *Asymp. Sig* sebesar adalah 0,052; yang artinya nilai tersebut lebih besar dari 0,05. Sehingga H_0 diterima dan artinya seluruh kelompok

memiliki nilai rata-rata populasi sama (tidak ada pengaruh pemberian serbuk biji trembesi pada perubahan BOD di limbah cair tempe).

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

a) Uji Normalitas dan Homogenitas

Tests of Normality

	Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
COD	Kontrol	,222	6	,200*	,890	6	,321
	P ₁	,177	6	,200*	,939	6	,654
	P ₂	,148	6	,200*	,985	6	,975
	P ₃	,201	6	,200*	,908	6	,421

- Nilai signifikansi pada seluruh sampel $> 0,05$; sehingga data berdistribusi normal.

Test of Homogeneity of Variance

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
COD	Based on Mean	3,223	3	20	,045
	Based on Median	3,039	3	20	,053
	Based on Median and with adjusted df	3,039	3	8,882	,086
	Based on trimmed mean	3,221	3	20	,045

- Nilai F hitung $< 0,05$, sehingga seluruh varian populasi adalah berbeda atau tidak homogen.

b) Uji *Kruskal-Wallis***Ranks**

	Sampel	N	Mean Rank
COD	Kontrol	6	17,50
	P ₁	6	14,33
	P ₂	6	14,17
	P ₃	6	4,00
	Total	24	

Test Statistics^{a,b}

	COD
Chi-Square	12,407
df	3
Asymp. Sig.	,006

- **Hipotesis**

H_0 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki nilai rata-rata populasi sama

H_1 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata-rata populasi berbeda

Pengambilan Keputusan

Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak

- **Keputusan**

Nilai *Asymp. Sig* sebesar adalah 0,006; yang artinya nilai tersebut lebih kecil dari 0,05. Sehingga H_0 ditolak dan artinya seluruh kelompok memiliki nilai rata-rata populasi berbeda (ada pengaruh pemberian serbuk biji trembesi pada perubahan COD di limbah cair tempe).

c) Uji *Mann-Whitney* Kelompok Kontrol dan Kelompok 1

Ranks

	Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
COD	Kontrol	6	7,83	47,00
	P ₁	6	5,17	31,00
	Total	12		

Test Statistics^a

	COD
Mann-Whitney U	10,000
Wilcoxon W	31,000
Z	-1,281
Asymp. Sig. (2-tailed)	,200
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,240 ^b

d) Sampel Kontrol dan Percobaan 2

Ranks

	Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
COD	Kontrol	6	7,17	43,00
	P ₂	6	5,83	35,00
	Total	12		

Test Statistics^a

	COD
Mann-Whitney U	14,000
Wilcoxon W	35,000
Z	-,641
Asymp. Sig. (2-tailed)	,522
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,589 ^b

e) Sampel Kontrol dan Percobaan 3

Ranks

	Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	Kontrol	6	9,50	57,00
COD	P ₃	6	3,50	21,00
	Total	12		

Test Statistics^a

	COD
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	21,000
Z	-2,882
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002 ^b

f) Sampel Percobaan 1 dan Percobaan 2

Ranks

	Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	P ₁	6	6,67	40,00
COD	P ₂	6	6,33	38,00
	Total	12		

Test Statistics^a

	COD
Mann-Whitney U	17,000
Wilcoxon W	38,000
Z	-,160
Asymp. Sig. (2-tailed)	,873
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,937 ^b

g) Sampel Percobaan 1 dan Percobaan 3

Ranks

	Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	P ₁	6	9,50	57,00
COD	P ₃	6	3,50	21,00
	Total	12		

Test Statistics^a

	COD
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	21,000
Z	-2,882
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002 ^b

h) Sampel Percobaan 2 dan Percobaan 3

Ranks

	Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	P ₂	6	9,00	54,00
COD	P ₃	6	4,00	24,00
	Total	12		

Test Statistics^a

	COD
Mann-Whitney U	3,000
Wilcoxon W	24,000
Z	-2,402
Asymp. Sig. (2-tailed)	,016
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,015 ^b

3. TSS (*Total Suspended Solid*)

a) Uji Normalitas dan Homogenitas

Tests of Normality

Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kontrol	,290	6	,125	,861	6	,191
TSS P ₁	,206	6	,200*	,928	6	,561
P ₂	,401	6	,003	,734	6	,014
P ₃	,393	6	,004	,711	6	,008

- Nilai signifikansi pada sebagian sampel $< 0,05$; sehingga data tidak berdistribusi normal.

Test of Homogeneity of Variance

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Based on Mean	,133	3	20	,939
Based on Median	,104	3	20	,957
tss Based on Median and with adjusted df	,104	3	17,599	,957
Based on trimmed mean	,106	3	20	,956

- Nilai F hitung $> 0,05$, sehingga seluruh varian populasi adalah sama atau homogen.

b) Uji *Kruskal-Wallis***Ranks**

Sampel	N	Mean Rank
Kontrol	6	12,67
P ₁	6	20,50
TSS P ₂	6	12,33
P ₃	6	4,50
Total	24	

Test Statistics^{a,b}

	tss
Chi-Square	15,367
df	3
Asymp. Sig.	,002

- **Hipotesis**

H_0 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki nilai rata-rata populasi sama

H_1 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata-rata populasi berbeda

Pengambilan Keputusan

Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak

- **Keputusan**

Nilai *Asymp. Sig* sebesar adalah 0,002; yang artinya nilai tersebut lebih kecil dari 0,05. Sehingga H_0 ditolak dan artinya seluruh kelompok memiliki

nilai rata-rata populasi berbeda (ada pengaruh pemberian serbuk biji trembesi pada perubahan TSS di limbah cair tempe).

c) Uji *Mann-Whitney* Kelompok Kontrol dan Percobaan 1

Ranks

Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Kontrol	6	3,83	23,00
TSS P ₁	6	9,17	55,00
Total	12		

Test Statistics^a

	tss
Mann-Whitney U	2,000
Wilcoxon W	23,000
Z	-2,562
Asymp. Sig. (2-tailed)	,010
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,009 ^b

d) Sampel Kontrol dan Percobaan 2

Ranks

Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Kontrol	6	7,17	43,00
TSS P ₂	6	5,83	35,00
Total	12		

Test Statistics^a

	tss
Mann-Whitney U	14,000
Wilcoxon W	35,000
Z	-,641
Asymp. Sig. (2-tailed)	,522
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,589 ^b

e) Sampel Kontrol dan Percobaan 3

Ranks

Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Kontrol	6	8,67	52,00
TSS P ₃	6	4,33	26,00
Total	12		

Test Statistics^a

	tss
Mann-Whitney U	5,000
Wilcoxon W	26,000
Z	-2,082
Asymp. Sig. (2-tailed)	,037
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,041 ^b

f) Sampel Percobaan 1 dan Percobaan 2

Ranks

Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
P ₁	6	8,83	53,00
TSS P ₂	6	4,17	25,00
Total	12		

Test Statistics^a

	tss
Mann-Whitney U	4,000
Wilcoxon W	25,000
Z	-2,242
Asymp. Sig. (2-tailed)	,025
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,026 ^b

g) Sampel Percobaan 1 dan Percobaan 3

Ranks

Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
P ₁	6	9,50	57,00
TSS P ₃	6	3,50	21,00
Total	12		

Test Statistics^a

	tss
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	21,000
Z	-2,882
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002 ^b

h) Sampel Percobaan 2 dan Percobaan 3

Ranks

Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
P ₂	6	9,33	56,00
TSS P ₃	6	3,67	22,00
Total	12		

Test Statistics^a

	tss
Mann-Whitney U	1,000
Wilcoxon W	22,000
Z	-2,722
Asymp. Sig. (2-tailed)	,006
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,004 ^b

4. Kekeruhan (*Turbidity*)

a) Uji Normalitas dan Homogenitas

Tests of Normality

Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kontrol	,172	6	,200*	,981	6	,955
P ₁	,243	6	,200*	,895	6	,346
P ₂	,266	6	,200*	,815	6	,080
P ₃	,132	6	,200*	,994	6	,997

- Nilai signifikansi pada seluruh sampel $> 0,05$; sehingga seluruh data berdistribusi normal.

Test of Homogeneity of Variance

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Based on Mean	9,126	3	20	,001
Based on Median	8,740	3	20	,001
Based on Median and with adjusted df	8,740	3	7,423	,008
Based on trimmed mean	9,116	3	20	,001

- Nilai F hitung $< 0,05$, sehingga seluruh varian populasi adalah berbeda atau tidak homogeny

b) Uji *Kruskal-Wallis***Ranks**

Sampel	N	Mean Rank
kontrol	6	21,50
p2	6	14,83
Kekeruhan p3	6	9,50
p4	6	4,17
Total	24	

Test Statistics^{a,b}

	Kekeruhan
Chi-Square	19,787
df	3
Asymp. Sig.	,000

- **Hipotesis**

H_0 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki nilai rata-rata populasi sama

H_1 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata-rata populasi berbeda

Pengambilan Keputusan

Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak

- **Keputusan**

Nilai *Asymp. Sig* sebesar adalah 0,000; yang artinya nilai tersebut lebih kecil dari 0,05. Sehingga H_0 ditolak dan artinya seluruh kelompok memiliki

nilai rata-rata populasi berbeda (ada pengaruh pemberian serbuk biji trembesi pada perubahan kekeruhan di limbah cair tempe).

c) Uji *Mann-Whitney* Kelompok Kontrol dan Percobaan 1

Ranks

Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Kontrol	6	9,50	57,00
Kekeruhan P ₁	6	3,50	21,00
Total	12		

Test Statistics^a

	Kekeruhan
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	21,000
Z	-2,882
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002 ^b

d) Sampel Kontrol dan Percobaan 2

Ranks

sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Kontrol	6	9,50	57,00
Kekeruhan P ₂	6	3,50	21,00
Total	12		

Test Statistics^a

	Kekeruhan
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	21,000
Z	-2,882
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002 ^b

e) Sampel Kontrol dan Percobaan 3

Ranks

	Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	Kontrol	6	9,50	57,00
Kekeruhan	P ₃	6	3,50	21,00
	Total	12		

Test Statistics^a

	Kekeruhan
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	21,000
Z	-2,882
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002 ^b

f) Sampel Percobaan 1 dan Percobaan 2

Ranks

Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
P ₁	6	8,83	53,00
Kekeruhan P ₂	6	4,17	25,00
Total	12		

Test Statistics^a

	Kekeruhan
Mann-Whitney U	4,000
Wilcoxon W	25,000
Z	-2,242
Asymp. Sig. (2-tailed)	,025
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,026 ^b

g) Sampel Percobaan 1 dan Percobaan 3

Ranks

Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
P ₁	6	9,50	57,00
Kekeruhan P ₃	6	3,50	21,00
Total	12		

	Kekeruhan
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	21,000
Z	-2,882
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002 ^b

h) Sampel Percobaan 2 dan Percobaan 3

Ranks

	Sampel	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	P ₂	6	8,83	53,00
Kekeruhan	P ₃	6	4,17	25,00
	Total	12		

Test Statistics^a

	Kekeruhan
Mann-Whitney U	4,000
Wilcoxon W	25,000
Z	-2,242
Asymp. Sig. (2-tailed)	,025
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,026 ^b

Lampiran C. Lembar Observasi

LEMBAR OBSERVASI**A. Sumber Limbah Cair**

No	Proses	Rincian Kegiatan	Limbah yang dihasilkan	Penanganan Limbah
1	Kegiatan-kegiatan di Industri Tempe UD.X			
	a. Pencucian			
	b. Perebusan 30 menit			
	c. Perendaman			
	d. Pembuangan kulit ari			
	e. Perebusan 2 jam			
	f. Peragian			
	g. Pengemasan			

Lampiran D. Lembar Persetujuan

LEMBAR PERSETUJUAN

(Informed Consent)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama :

Alamat :

Usia :

Menyatakan persetujuan saya untuk membantu dengan menjadi informan dalam penelitian yang dilakukan oleh

Nama : Yessinta Trizna Amanda

Judul : Pemanfaatan Biji Trembesi Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Limbah Cair Tempe (Studi di Industri Tempe UD.X Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)

Prosedur penelitian ini tidak menimbulkan resiko atau dampak apapun terhadap saya ataupun keluarga saya. Saya telah diberi penjelasan mengenai hal tersebut diatas dan saya diberi kesempatan menanyakan hal-hal yang belum jelas dan telah diberikan jawaban dengan jelas dan benar.

Dengan ini saya menyatakan secara sukarela dan tanpa tekanan untuk ikut sebagai subyek penelitian.

Jember November 2018

Informan

(.....)

Lampiran E. Lembar Wawancara

Lembar Wawancara

Karakteristik Responden

1. Nama Lengkap :
2. Jenis Kelamin :
3. Usia :
4. Jabatan :
5. Pendidikan Terakhir :
6. Masa Kerja :

1. Berapa banyak jumlah kedelai mentah yang digunakan di Industri Tempe UD.X setiap harinya ?
2. Berapa banyak jumlah karyawan di Industri Tempe UD.X ?
3. Bagaimana pemasaran tempe di UD.X ketika sudah siap untuk dipasarkan ?
4. Berasal dari mana air bersih yang digunakan dalam proses pembuatan tempe ?
5. Berapa banyak jumlah air bersih yang digunakan dalam proses pembuatan tempe ?
6. Berasal dari mana air limbah pada proses pembuatan tempe ?
7. Bagaimana proses pembuangan limbah cair ?
8. Bagaimana dengan limbah padat yang dihasilkan di Industri Tempe UD.X ? Apakah langsung ikut terbuang bersama limbah cair atau disaring atau bagaimana ?

Lampiran F. Lampiran Dokumentasi



Gambar 1. Pohon Trembesi Perhutani



Gambar 2. Bunga Pohon Trembesi



Gambar 3. Buah Pohon Trembesi



Gambar 4. Biji Pohon Trembesi



Gambar 5. Ayakan 120 Mesh



Gambar 6. Mesin Penghancur Biji



Gambar 7. Serbuk Biji Trembesi



Gambar 8. Penimbangan Berat Konsentrasi Koagulan



Gambar 9. Limbah Cair Proses Perebusan Kedelai



Gambar 10. Limbah Cair Proses Perendaman Kedelai



Gambar 11. Limbah Awal Sebelum



Gambar 12. Proses Koagulasi-Flokulasi



Gambar 13. Alat Jar Test



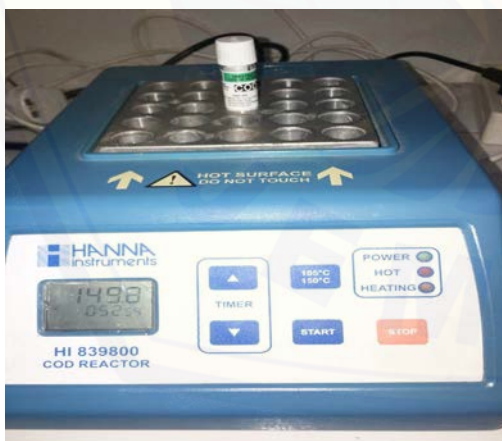
Gambar 14. Limbah Setelah Proses Koagulasi-Flokulasi



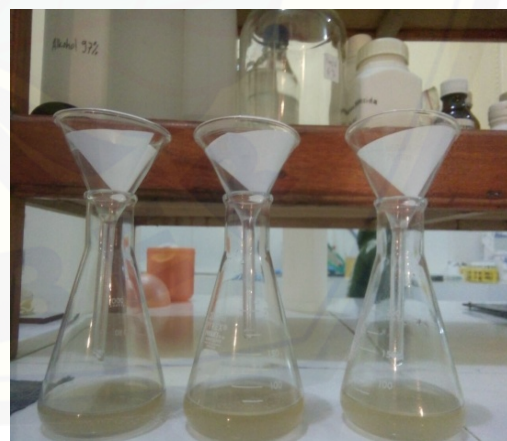
Gambar 15. Pengukuran BOD



Gambar 16. Pengukuran pH



Gambar 17. Pengukuran COD



Gambar 18. Pengukuran TSS



Gambar 19. Pengukuran Kekeruhan



Gambar 20. Hasil Akhir Limbah Setelah

