



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGOLAHAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU**

With a Summary in English

WASTEWATER TREATMENT AND UTILIZATION IN TOFU INDUSTRY

TESIS

Laras Andria Wardani

NPM: 1506813012

**JENJANG MAGISTER
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN
SEKOLAH ILMU LINGKUNGAN
JAKARTA, JUNI, 2018**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGOLAHAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU**

Tesis ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar

MAGISTER DALAM
ILMU LINGKUNGAN

Laras Andria Wardani
NPM: 1506813012

**JENJANG MAGISTER
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN
SEKOLAH ILMU LINGKUNGAN
JAKARTA, JUNI, 2018**

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN BEBAS PLAGIARISME

Nama : Laras Andria Wardani
Bidang Ilmu : Interdisiplin
Program Studi : Ilmu Lingkungan
Judul Tesis : PENGOLAHAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU

Saya yang bertandatangan dibawah ini dengan sebenarnya menyatakan bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Indonesia. Semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Apabila di kemudian hari ternyata saya melakukan tindak plagiarisme saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang dijatuhkan oleh Universitas Indonesia kepada saya.



(Laras Andria Wardani)

NPM : 1506813012

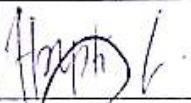
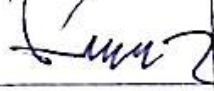

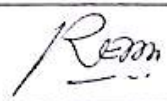

Tanggal : 25 Juni 2018

HALAMAN PENGESAHAN
PANITIA UJIAN TESIS UNIVERSITAS INDONESIA

Nama Mahasiswa : Laras Andria Wardani
Bidang Ilmu : Interdisiplin
Program Studi : Ilmu Lingkungan
Judul Tesis : PENGOLAHAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH
CAIR INDUSTRI TAHU

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji/ Panitia Ujian Tesis dan diterima sebagai bagian prsyarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains Ilmu Lingkungan pada Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

No	Nama Lengkap	Keterangan	Tanda Tangan
1	Dr. Hayati Sari Hasibuan, S.T., M.T	Ketua Panitia Ujian	
2	Prof. dr. Haryoto Kusnopranto, S.KM., Dr.PH	Pembimbing 1	
3	Dr. Drs. Suyud Warno Utomo, M.Si	Pembimbing 2	
4	Dr. Ir. Reda Rizal, M.Si	Penguji Ahli 1	
5	Dr. Ir. Dwi Nowo Martono, M.Si	Penguji Ahli 2	

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal : 25 Juni 2018

BIODATA PENULIS



Penulis, Laras Andria Wardani dilahirkan di Jakarta Selatan pada tanggal 4 bulan Oktober tahun 1990, anak pertama dari dua bersaudara, putri dari pasangan Bapak Osmahendranshah Anwar dan Ibu Anita Dewayani.

Penulis adalah penganut agama islam dan saat ini bertempat tinggal di Jalan Pulo sirih Utara dalam 1 Blok D/A No. 141,

RT 004/RW014 Kelurahan Pekayon Jaya Kecamatan Bekasi Selatan, Kota Bekasi, 17148, dan No. Hp 081319177867.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 04 Cipinang Melayu Jakarta Timur pada tahun 2002, pendidikan menengah di SMPN 255 Jakarta Timur pada tahun 2005, dan kemudian di SMAN 61 Jakarta Timur pada tahun 2008. Penulis melanjutkan studi jenjang S1 di Universitas Indonesia Depok Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan lulus pada tahun 2012. Pendidikan jenjang S2 ditempuh di Universitas Indonesia Jakarta Fakultas Sekolah Ilmu Lingkungan dan program studi Ilmu Lingkungan.

Pengalaman kerja penulis diawali dengan bekerja di PT. Sinar Antjol Jakarta Utara sebagai staf di bagian *research and development* sejak bulan Mei tahun 2012 sampai dengan bulan September tahun 2012. Saat ini penulis kembali bekerja pada bulan Oktober tahun 2012 sampai dengan sekarang di Bidang Tata Kelola Lingkungan Pusat Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (PTL-BPPT) Jakarta Pusat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Mahaesa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains Program Studi Ilmu Lingkungan pada Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan karya ilmiah ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. DR. Haryoto Kusnoputranto, S.KM., DR.PH dan Dr. Drs. Suyud Warno Utomo, M.Si. selaku dosen pembimbing tesis yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis ini;
2. Pihak industri tahu CV. PROMA TUN SAROYYAN yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan
3. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material; serta
4. Sahabat yang telah banyak membantu menyelesaikan penelitian ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Mahaesa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, Juni 2018

Penulis,

Laras Andria Wardani

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama Mahasiswa : Laras Andria Wardani
NPM : 1506813012
Program Studi : Ilmu Lingkungan
Fakultas : Sekolah Ilmu Lingkungan
Jenis Karya : Tesis

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah yang berjudul

PENGOLAHAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

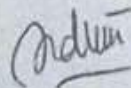
berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilikk Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta

Pada Tanggal: 25 Juni 2018

Yang menyatakan



(Laras Andria Wardani)

ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Laras Andria Wardani
Program Studi : Ilmu Lingkungan
Judul Tesis : PENGOLAHAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU

Industri tahu di daerah Kota Probolinggo yang bernama CV. Proma Tun Saroyan, pada tahun 2015 membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) anaerobik dan menghasilkan biogas untuk bahan bakar memasak. Disisi lain kandungan organik pada *effluent* limbah cair pada IPAL tersebut masih belum memenuhi syarat baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja operasi optimum IPAL, menganalisis persepsi masyarakat tentang manfaat biogas, dan pengembangan potensi pemanfaatan *effluent* sebagai kerajinan tangan. Metode penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan evaluasi kinerja operasi optimum, wawancara menggunakan kuesioner kepada masyarakat penerima biogas, dan melakukan uji coba pembuatan nata dari *effluent* sebagai kerajinan tangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja operasi optimum IPAL memiliki efisiensi 83,38%. Persepsi masyarakat menunjukkan dampak positif, karena kegiatan tersebut memberikan keuntungan ekonomi bagi warga sekitar. Alternatif potensi pengembangan pemanfaatan *effluent* limbah cair, diperoleh hasil bahwa perlakuan C1N1 menghasilkan ketebalan nata terbaik untuk kerajinan tangan yaitu sebesar 1,13 cm.

Kata Kunci: tahu, limbah cair, pengolahan anaerobik, biogas, nata

ABSTRACT

Name : Laras Andria Wardani
Program : Environmental Science
Title : WASTEWATER TREATMENT AND UTILIZATION IN
TOFU INDUSTRY

Tofu industry in Probolinggo City area named CV. Proma Tun Saroyyan, in 2015 built an anaerobic Wastewater Treatment Plant (WTP) which was producing biogas for cooking fuel. While the organics matter in liquid effluent of WWTP has not fulfilled the quality standard requirements that set by the government. Therefore, the purpose of this study were evaluating the optimum operating performance of WWTP, analyzing public perception about biogas, and try to develope potential of effluent utilization as handicraft. This research method was conducted using approach of the evaluation of the optimum operating performance of WWTP, interviewing by questionnaires to the recipient community of biogas, and testing the manufacture of nata from the effluent as handicrafts. The results showed that the optimal performance WWTP has an efficiency 83.38%. This can be caused by the degradation of solids in the previous waste. The perception of the community has a positive impact, because the activity provide economic benefit for local residents. For the alternative potential development concerning effluent of wastewater, The obtain result showed that C1N1 yield the best nata thickness for hand crafting equal to 1,13 cm.

Keywords: tofu, wastewater, anaerobic treatment, biogas, nata

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iv
BIODATA PENULIS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR RUMUS.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
RINGKASAN.....	xiii
SUMMARY.....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Tujuan Umum.....	5
1.3.2 Tujuan Khusus.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1 Manfaat Teoretis.....	6
1.4.2 Manfaat Praktis.....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Landasan Teori.....	7
2.1.1 Ilmu Lingkungan.....	7
2.1.2 Pembangunan berkelanjutan.....	8
2.1.3 Industri tahu.....	11
2.1.3.1 Pengolahan limbah cair industri tahu.....	15
2.1.3.1.1 Proses pengolahan limbah secara anaerobik.....	16
2.1.3.1.2 Reaktor Anaerobik Tipe <i>Fixed Bed</i>	20
2.1.3.1.3 Jenis Material Penyangga dan sistem pola aliran.....	21
2.1.3.1.4 Pengoperasian Reaktor Anaerobik tipe Tipe <i>Fixed Bed</i>	23
2.1.3.1.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas reaktor anaerobik... ..	24
2.1.3.1.6 Potensi biogas yang dihasilkan dari pengolahan limbah dengan sistem anaerobik.....	28
2.1.3.2 Proses pengolahan limbah tahap lanjutan.....	29
2.1.4 Persepsi Masyarakat.....	31
2.2 Kerangka Berpikir.....	35
2.5 Kerangka Konsep.....	35
2.4 Hipotesis.....	36
3. METODE PENELITIAN.....	37
3.1 Pendekatan Penelitian.....	37

3.2 Waktu dan tempat Penelitian.....	37
3.3 Populasi dan sampel Penelitian.....	38
3.4 Variabel Penelitian.....	40
3.5 Data Penelitian.....	42
3.5.1 Pengumpulan data lapangan.....	42
3.5.2 Pengolahan Data.....	45
3.5.3 Analisis Data.....	47
3.5.4 Penyajian Data.....	48
3.5.5 Interpretasi Data.....	48
3.5.6 Metode analisis Penelitian.....	48
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Deskripsi Wilayah Riset.....	51
4.2 Evaluasi Kinerja Operasi Optimum Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu CV. Proma Tun Saroyyan.....	60
4.2.1 Proses Inokulasi.....	63
4.2.2 Proses Adaptasi.....	67
4.3 Persepsi masyarakat tentang manfaat biogas dari pengolahan limbah cair industri tahu.....	74
4.4 Memanfaatkan <i>effluent</i> limbah cair tahu yang berasal dari reaktor anaerobik tipe <i>fixed bed</i> sebagai kerajinan tangan.....	87
4.5 Pembasan Hasil Penelitian.....	88
5. KESIMPULAN DAN SARAN	100
5.1 Kesimpulan.....	100
5.2 Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN	112

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kadar nutrisi tahu.....	11
Tabel 2.2. Tahapan proses pembuatan tahu.....	12
Tabel 2.3. Baku Mutu Air Limbah Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014, bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai.....	13
Tabel 2.4. Jenis-jenis dan porositas material penyangga.....	22
Tabel 2.5. Kesetaraan Biogas dengan Sumber Bahan Bakar Lain.....	29
Tabel 3.1. Definisi Operasional Variabel.....	41
Tabel 3.2 Data, jenis data, metode pengumpulan data, dan sumber.....	43
Tabel 3.3. Matriks kesesuaian tujuan dengan metode penelitian.....	50
Tabel 4.1 Hasil analisa COD limbah cair industri tahu Proma tahun 2015.....	72
Tabel 4.2 Hasil analisis karakteristik limbah cair industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan pasca pembangunan pengolahan limbah, pada tahun 2017.....	73
Tabel 4.3 Karakteristik Responden.....	76
Tabel 4.4 Pengetahuan masyarakat.....	81
Tabel 4.5 Pemanfaatan Biogas.....	85
Tabel 4.6 Data ketebalan nata pada setiap variasi penambahan nutrient.....	88
Tabel 4.7 Evaluasi ekonomi sederhana perhitungan penghematan pemakaian LPG setelah adanya biogas.....	94

Tabel 4.8 Evaluasi ekonomi sederhana untuk pembuatan kerajinan tangan dengan substrat 500 ml <i>effluent</i> limbah cair tahu.....	97
--	----

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Hubungan antara Jumlah Penduduk, Pertumbuhan Ekonomi, Barang Sumber Daya Alam dan Lingkungan.....	9
Gambar 2.2 Sistem keseimbangan material.....	10
Gambar 2.3 Kajian Metabolisme Industri.....	14
Gambar 2.4 Empat Tahapan Proses Pengolahan Limbah Secara Anaerobik.....	19
Gambar 2.5 Reaktor tipe <i>Fixed Bed</i>	20
Gambar 2.6 Kerangka Teori.....	34
Gambar 2.7 Kerangka Berpikir.....	35
Gambar 2.8 Kerangka Konsep.....	36
Gambar 3.1 Lokasi Industri Tahu CV. Proma Tun Saroyyan.....	37
Gambar 3.2 Populasi dan Sampel Limbah Cair Tahu.....	38
Gambar 3.3 Peta Masyarakat penerima biogas.....	40
Gambar 4.1 Industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan.....	51
Gambar 4.2 Kacang kedelai bersih.....	53
Gambar 4.3 Penggilingan.....	53
Gambar 4.4 Perebusan	54
Gambar 4.5 Penyaringan.....	54
Gambar 4.6 Ampas kacang kedelai.....	54
Gambar 4.7 Penggumpalan sari pati kacang kedelai.....	55
Gambar 4.8 Proses pengepresan tahu.....	56
Gambar 4.9 Limbah cair hasil pengepresan.....	56
Gambar 4.10 Proses pemotongan tahu.....	56
Gambar 4.11 Bak plastik/tempat untuk tahu yang sudah dipotong.....	56
Gambar 4.12 Alur tahapan proses pembuatan tahu.....	57
Gambar 4.13 Saluran pembuangan limbah cair tahu di industri tahu Proma yang langsung menuju sungai.....	58
Gambar 4.14 Pengolahan limbah tahu dengan reaktor anaerobik tipe <i>Fixed Bed</i> di CV. Promatun Aroyyan.....	60
Gambar 4.15 Pengisian bambu sebagai material penyangga di dalam reaktor	62
Gambar 4.16 Skema Proses Evaluasi Pengolahan Limbah Cair Tahu CV. Proma Tun Saroyyan Secara Anaerobik dengan menggunakan Reaktor Tipe <i>Fixed Bed</i>	62
Gambar 4.17 Grafik biogas selama proses inokulasi.....	64
Gambar 4.18 Grafik % metana selama proses inokulasi.....	65
Gambar 4.19 Grafik pH selama proses inokulasi.....	66
Gambar 4.20 Grafik hasil produksi biogas berbanding dengan jumlah pengisian limbah pada proses adaptasi.....	68
Gambar 4.21 Grafik % metana berbanding dengan jumlah pengisian limbah pada proses adaptasi.....	69

Gambar 4.22	Grafik hasil pH <i>effluent</i> berbanding dengan jumlah pengisian limbah pada pengamatan proses adaptasi.....	70
Gambar 4.23	Wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner kepada masyarakat.....	78
Gambar 4.24	Skema pembuatan nata de soya untuk kerajinan tangan.....	87
Gambar 4.25	Penggunaan biogas untuk kegiatan memasak.....	93

DAFTAR RUMUS

	Halaman	
Rumus 3.1	Rumus Slovin.....	39
Rumus 3.2	% Efisiensi COD.....	46
Rumus 3.3	% Efisiensi BOD.....	46
Rumus 3.4	% Efisiensi TSS	46
Rumus 3.5	% Prorositas material penyangga.....	46
Rumus 3.6	Metana (liter)	47
Rumus 3.7	Waktu Tinggal (Hari)	47
Rumus 3.8	Volume Biogas Teoritis (m ³)	47

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman	
Lampiran 1.	Lembar Pengisian Kuesioner.....	112
Lampiran 2.	Rekap Hasil Kuesioner.....	115
Lampiran 3.	Lembar Pertanyaan Wawancara.....	124
Lampiran 4.	Rekap Hasil Wawancara.....	125
Lampiran 5.	Hasil uji laboratorium limbah cair tahu CV. Proma Tun Saroyyan.....	127

RINGKASAN
Program Studi Ilmu Lingkungan
Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia
Tesis (Mei, 2018)

- A. Nama : Laras Andria Wardani
- B. Judul Tesis : PENGOLAHAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH
CAIR INDUSTRI TAHU
- C. Jumlah Halaman : Halaman permulaan 17, halaman isi 143, daftar gambar
36, daftar tabel 16
- D. Isi Ringkasan

Jumlah industri tahu di Indonesia adalah sekitar 84.000 unit usaha, dengan kapasitas produksi lebih dari 2,56 juta ton per tahun, dan berdasarkan data, 80% dari jumlah industri tahu berada di Pulau Jawa. Sebagian besar industri tahu masih belum memiliki instalasi pengolahan limbah cair, sehingga para pengusaha industri tahu membuang limbah cairnya ke badan perairan. Salah satu industri tahu yang berada di pulau Jawa tepatnya di Kota Probolinggo yang bernama CV. Proma Tun Saroyyan, dahulu sebelum adanya pengolahan limbah cair, pabrik tahu Proma tersebut membuang limbahnya langsung ke lingkungan sehingga menimbulkan pencemaran. Pencemaran bau akibat pembusukan limbah cair ke lingkungan semakin terasa oleh masyarakat ketika musim kemarau tiba. Hal inilah yang menimbulkan adanya protes warga kepada pemilik industri tahu untuk mengolah limbahnya sebelum dibuang ke sungai.

Pada tahun 2015, Dinas Lingkungan Hidup Kota Probolinggo bekerja sama dengan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi mengatasi permasalahan limbah cair industri tahu Proma dengan membangun pengolahan limbah menjadi biogas dengan menggunakan teknologi reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed*. *Effluent* hasil pengolahan limbah cair tahu secara anaerobik tersebut masih belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Permen LH No.5 Tahun 2014. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini ada tiga, yang pertama yaitu mengevaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan, kedua adalah menganalisis persepsi masyarakat tentang manfaat biogas hasil pengolahan limbah cair industri tahu, dan yang ketiga adalah pengembangan potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair secara anaerobik sebagai kerajinan tangan. Metode pada penelitian ini dibagi menjadi tiga diantaranya adalah pertama dengan menggunakan pendekatan evaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan, yang kedua untuk mendapatkan data mengenai persepsi masyarakat dilakukan proses wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner kepada masyarakat penerima biogas, dan yang ketiga adalah melakukan uji coba pembuatan nata dari *effluent* limbah cair tahu sebagai kerajinan tangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Prima Tun Saroyyan memiliki rata-rata efisiensi penurunan kandungan organik COD sebesar 83,38%. Volume produksi biogas maksimum yang dihasilkan dari pengolahan limbah cair tahu yaitu 35.158 liter/hari dengan pengisian limbah maksimum 7700 liter perhari, atau lebih besar dari produksi biogas maksimum yang dihitung secara teoritis yaitu sebesar 32,334 liter. Produksi biogas maksimum yang dicapai oleh pengolahan limbah ini adalah 35.158 liter dengan volume gas metana 0,48 liter/gram COD atau lebih besar dari standar yaitu 0,35 liter, hal ini dapat disebabkan karena terdegradasinya padatan dalam limbah yang terikut dan dapat terurai menjadi biogas. Persepsi masyarakat terhadap pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas yang dilakukan oleh industri tahu Prima memiliki dampak positif, karena kegiatan tersebut memberikan keuntungan ekonomi bagi warga sekitar yaitu dapat menghemat pembelian bahan bakar untuk kebutuhan memasak sehari-hari. Alternatif potensi pengembangan pemanfaatan *effluent* limbah cair, diperoleh hasil bahwa perlakuan C1N1 dengan penambahan 15% gula pasir dan 0,3% NPK ketebalan nata terbaik untuk kerajinan tangan yaitu sebesar 1,13 cm.

E. Daftar kepustakaan: 88 (dari tahun 1979 sampai tahun 2017)

SUMMARY

**Programme of Study in Environmental Science
School of Environmental Science University of Indonesia
Thesis (May, 2018)**

- A. Name : Laras Andria Wardani
B. Title : WASTEWATER TREATMENT AND UTILIZATION
IN TOFU INDUSTRY
C. Number of pages : Initial pages 17, contents 143, figures 36, tables 16
D. Content of Summary

The number of tofu industry in Indonesia is about 84,000 business units, with production capacity of more than 2.56 million tons/year, and based on the data, 80% of industries of tofu exist in Java. Most of the tofu industry still does not have a wastewater treatment plant, so industrial tofu entrepreneurs to dispose of their wastewater into water bodies. One of the tofu industry located on the island of Java precisely in the city of Probolinggo named CV. Proma Tun Saroyyan, before wastewater processing, the factory of tofu that Proma disposes its waste directly into the polluting environment. Pollution due to decay of wastewater to the environment is increasingly felt by the community when the dry season arrives. This is what causes citizen protests against the owner of the tofu industry to process waste before it is dumped into the river.

In the 2015, Probolinggo City Environmental Agency in collaboration with the Agency for the Assessment and Application of Technology overcame the wastewater issues of Proma industry by building waste treatment into biogas by using an anaerobic type *Fixed Bed* reactor. Effluent result of the anaerobic wastewater treatment knowingly still not fulfill the quality standard which has been determined by LH Regulation No.5 Year 2014. Therefore, the purpose of this study there are three purposes, the first is to evaluate the optimum operating performance of wastewater treatment system by using reactor anaerobic type *Fixed Bed* in industry CV. Proma Tun Saroyyan, second is analyzing public perception about the biogas benefits of wastewater processing industry, and the third is the development of potency of effluent utilization result of anaerobic wastewater processing as handicraft. The method in this study is divided into three of them, first by using the approach of optimum operating performance evaluation of wastewater tofu industry processing system CV. Proma Tun Saroyyan, the second to obtain data about the perception of the community conducted a face-to-face interview using a questionnaire to the recipient community of biogas, and the third is to test the manufacture of nata from effluent tofu wastewater as handicrafts.

The results showed that the optimum operating performance of the wastewater treatment system using an anaerobic type *Fixed Bed* reactor in the tofu industry CV. Proma Tun Saroyyan has average efficiency of COD content reduction of

83.38%. The maximum production volume of biogas produced from the wastewater treatment is 35.158 liters/day with a maximum waste filling of 7700 liters/day, or greater than the theoretical maximum calculated maximum production of 32,334 liters. The maximum biogas production achieved by this waste treatment is 35.158 liters with a methane gas volume of 0.48 liters/gram of COD or greater than the standard of 0.35 liters, this may be due to the degradation of solids in the waste that is biodegradable and biogas. Public perception of the tofu wastewater treatment to be biogas by tofu industry Proma have a positive impact, because these activities provide economic benefits for residents around that can save fuel purchases for daily cooking needs. Alternative of potential development of effluent utilization of wastewater, obtained result that treatment of C1N1 with addition of 15% sugar and 0,3% NPK best nata thickness for craft which is equal to 1,13 cm.

E. Number of References: 88 (from year 1972 until year 2017)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kedelai (*Glycine max*) adalah salah satu tanaman polong-polongan yang menjadi bahan dasar banyak makanan dari Asia timur seperti kecap, tahu, dan tempe. Pada tahun 2012, total kebutuhan kedelai nasional diperkirakan mencapai 2,2 juta ton (Pusat Data dan Sistem Informasi Setjen Pertanian, 2014). Jumlah tersebut akan diserap untuk pangan/pengrajin tahu dan tempe sebesar 83,7% (1.849.843 ton); Industri kecap, tauco, dan lainnya sebesar 14,7% (325.220 ton); benih sebesar 1,2% (25.843 ton); dan untuk pakan 0,4% (8.319 ton) (Pusat Data dan Sistem Informasi Setjen Pertanian, 2014). *Trend* konsumsi kedelai juga diikuti dengan *trend* produksi kedelai, akan tetapi konsumsi jauh mengalami peningkatan sehingga terjadi ketidakseimbangan antara *supply* dan *demand* yang menyebabkan terjadinya permintaan terhadap impor. Kapasitas produksi nasional tahun 2013 hanya mampu menghasilkan 780 ribu ton dari areal panen kedelai seluas 551 ribu hektar, sehingga kekurangan kebutuhan kedelai nasional dipasok dari impor sebesar 1,1 juta ton (Pusat Data dan Sistem Informasi Setjen Pertanian, 2014).

Pada umumnya industri yang memanfaatkan kedelai masuk ke dalam jenis industri yang tergolong skala kecil dan menengah namun dalam jumlah yang sangat banyak sehingga menyebabkan tingginya tingkat kebutuhan konsumsi kedelai nasional. Tahu adalah salah satu makanan olahan pangan dari kedelai yang cukup potensial di Indonesia. Jumlah industri tahu di Indonesia adalah sekitar 84.000 unit usaha, 80% dari jumlah industri tahu berada di Pulau Jawa (Prasetyadi dan Indriyati, 2013). Oleh karena itu keberadaan industri tahu dapat ditemui tersebar hampir diseluruh pelosok pulau Jawa. Disisi lain, setiap proses pembuatan tahu menimbulkan masalah lingkungan yaitu dihasilkannya limbah padat dan limbah cair. Limbah padat yang dihasilkan dari industri tahu dapat digunakan sebagai pakan ternak atau dijual sebagai bahan baku untuk industri lain, sedangkan limbah cair yang dihasilkan biasanya langsung dibuang ke lingkungan. Penelitian Fardiaz (1998) menyatakan bahwa satu kilogram kedelai

yang digunakan dalam pembuatan tahu akan menghasilkan delapan liter limbah cair tahu.

Sebagian besar industri tahu masih belum memiliki instalasi pengolahan limbah cair, sehingga para pengusaha industri tahu membuang limbah cairnya ke badan perairan (Nurhasan dan Pramudyanto, 1997). Kurangnya kesadaran akan pentingnya menjaga kualitas lingkungan, keterbatasan biaya dalam pembuatan, pengolahan limbah menjadi faktor yang mendorong para pengrajin tahu untuk membuang limbah produksinya secara langsung (Shafitri, 2011). Pembuangan limbah cair tahu ke badan perairan tanpa adanya perlakuan terlebih dahulu dapat menghasilkan potensi yang cukup besar pada kerusakan lingkungan.

Karakteristik limbah cair tahu antara lain (Nurhasan dan Pramudyanto, 1991):

- a. Temperatur limbah cair tahu biasanya tinggi (60 – 80 °C) karena proses pembuatan tahu butuh suhu tinggi pada saat penggumpalan dan penyaringan.
- b. Warna air buangan transparan sampai kuning muda dan disertai adanya suspensi warna putih.
- c. Bau air buangan industri tahu dikarenakan proses pemecahan protein oleh mikroba alam sehingga timbul bau busuk dari gas H₂S.
- d. Kekeruhan pada limbah disebabkan oleh adanya padatan tersuspensi dan terlarut dalam limbah cair pabrik
- e. pH rendah karena berasal dari: sehingga limbah cair tahu bersifat asam.
- f. Memiliki COD dan BOD yang tinggi.

Limbah industri tahu mengandung banyak senyawa organik seperti protein 40-60%, karbohidrat 25-50% dan lemak 10% (Fitriyah, 2011). Berdasarkan penelitian Kim, Lee, dan Kim di Daejeon, Korea (2011), limbah cair industri tahu memiliki kandungan *Total Solid* (TS) sebesar 43 g/l, *Volatile Solid* (VS) sebesar 41,3 g/l, *Chemical Oxygen Demand* (COD total) sebesar 82,1 g/l, dan pH sebesar 5,6. Hal tersebut membuktikan bahwa nilai kandungan organik pada limbah cair tahu sangatlah tinggi, sehingga diperlukan perlakuan khusus terlebih dahulu agar limbah cair industri tahu tersebut tidak mencemari lingkungan. Sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup dan terlaksananya

pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan maka perlu dilakukan strategi pada penanganan limbah. Strategi penanganan limbah yang dimaksud adalah dengan melakukan pengolahan limbah yang tidak bermanfaat bahkan mencemari lingkungan menjadi suatu hal yang menghasilkan nilai ekonomi. Pada penelitian ini berfokus kepada pengolahan dan pemanfaatan limbah cair di industri tahu.

Salah satu industri tahu di daerah Kota Probolinggo yang bernama CV. Proma Tun Saroyyan, dahulu sebelum adanya pengolahan limbah cair, pabrik tahu Proma tersebut membuang limbahnya langsung ke lingkungan sehingga menimbulkan pencemaran. Pembuangan limbah cair tahu secara langsung dan terus menerus ke badan air penerima tanpa perlakuan sebelumnya juga dapat menyebabkan terjadinya pembusukan kandungan organik. Pembusukan tersebut akan menyebabkan bau yang tidak sedap serta akan merusak kondisi kualitas air sungai yang pada akhirnya akan mengganggu kehidupan manusia. Pada hakikatnya alam dapat memperbaiki keadaan sendiri, jika beban yang ditanggungnya sesuai dengan daya dukung dan daya tampungnya, akan tetapi jika bebannya telah melebihi kemampuan daya dukungnya maka akan timbul kerusakan lingkungan yang akan menjadi bumerang bagi manusia dan makhluk hidup lainnya.

Pola pendekatan yang dilakukan oleh industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan untuk mengatasi permasalahan limbah cairnya adalah dengan membuat Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pada tahun 2015, CV. Proma Tun Saroyyan membangun IPAL dengan sistem anaerobik dengan bantuan Dinas Lingkungan Hidup Kota Probolinggo yang bekerja sama dengan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Teknologi yang diterapkan oleh industri tahu Proma ini adalah teknologi dengan sistem anaerobik menggunakan reaktor tipe *Fixed Bed*. Prinsip dasar pada proses pengolahan limbah cair industri tahu Proma ini adalah proses degradasi atau menghilangkan bahan karbon organik pada limbah cair yang dilakukan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme dapat mengkonversi bahan-bahan organik (karbohidrat, protein, dan lemak) yang terlarut menjadi biogas dan biomassa yang stabil. Biogas yang terbentuk diantaranya yaitu gas metana, gas karbondioksida, dan gas lainnya. Proses pengolahan limbah ini dikondisikan

hingga kadar gas metana lebih tinggi dibandingkan dengan gas-gas lainnya sehingga dapat dimanfaatkan.

Pasca pembangunan IPAL di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan, biogas yang dihasilkan kemudian dapat dimanfaatkan oleh penduduk sekitar industri tahu untuk mensubstitusi pemakaian energi fosil pada kegiatan memasak sehari-hari. Pemanfaatan biogas hasil dari pengolahan limbah cair industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan telah berjalan dengan baik, namun disisi lain kandungan organik pada hasil keluaran *effluent* limbah cair IPAL tersebut masih belum memenuhi syarat baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Hasil uji *effluent* dari pengolahan limbah cair tahu CV. Proma Tun Saroyyan yang diperoleh dari UPT. Laboratorium Lingkungan BLH Kota Probolinggo pada tanggal 27 september 2017 adalah pH 7,01; COD 1836,4 mg/l, BOD 1604,24 mg/l dan TSS 276,67 mg/L. Data hasil uji *effluent* tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah (BMAL) pada peraturan pemerintah Kementerian Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 lampiran XVIII mengenai BMAL bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai, khususnya industri tahu dengan nilai ambang batas yang diperbolehkan adalah BOD sebesar 150 mg/l, COD sebesar 300 mg/l, TSS sebesar 200 mg/l, dan pH sebesar 6-9.

Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan tahap lanjutan agar *effluent* limbah cair industri tahu tersebut dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Pengolahan tahap lanjutan limbah cair industri tahu ini diharapkan dapat mendegradasi kandungan zat organik sehingga dapat memenuhi baku mutu air limbah industri tahu.

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Undang-undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pada pasal 69 ayat 1 huruf a menyatakan bahwa setiap orang dilarang melakukan yang mengakibatkan pencemaran dan/atau perusakan lingkungan hidup. Pernyataan di dalam Undang-undang tersebut juga didukung dengan keluarnya Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, dan di dalamnya terdapat pernyataan mengenai ukuran batas ambang maksimum kadar unsur pencemar di dalam limbah cair

industri tahu. Secara garis besar kedua peraturan tersebut mendorong industri tahu di Indonesia yang belum memenuhi persyaratan baku mutu air limbah yang telah ditetapkan, maka diharapkan dapat ikut serta untuk meminimalisasi kadar unsur pencemar dari limbah yang dihasilkannya agar tidak merusak lingkungan hidup disekitarnya.

Salah satu industri tahu di Probolinggo bernama CV. Proma Tun Saroyyan telah membuat IPAL untuk megolah limbah cair yang dihasilkannya. Manfaat langsung yang dihasilkan dengan adanya pembuatan IPAL ini diantaranya adalah berkurangnya beban pencemar limbah cair industri tahu ke lingkungan serta dihasilkannya biogas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Pada kenyataannya kandungan organik pada *effluent* yang dihasilkan oleh IPAL industri tahu tersebut masih belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Permasalahan ini perlu ditanggapi dengan serius, karena jika tidak ditangani dengan benar maka limbah tersebut akan terakumulatif dan dapat merusak lingkungan. Oleh karena itu rumusan masalah penelitian ini adalah melakukan pemanfaatan limbah cair industri tahu sehingga dapat mengurangi beban pencemar pada lingkungan. Berdasarkan permasalahan penelitian tersebut, maka pertanyaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan
2. Bagaimana persepsi masyarakat tentang manfaat biogas hasil pengolahan limbah cair industri tahu?
3. Bagaimana cara memanfaatkan *effluent* hasil pengolahan limbah cair secara anaerobik sebagai kerajinan tangan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini terdiri atas tujuan umum dan tujuan khusus.

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah melakukan upaya pengolahan dan pemanfaatan limbah cair yang dihasilkan dari proses kegiatan industri tahu

sehingga dapat mengurangi dampak negatif dari tercemarnya dan rusaknya lingkungan hidup.

1.3.2 Tujuan Khusus

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah disampaikan di atas maka tujuan dari penulisan penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan
2. Menganalisis persepsi masyarakat tentang manfaat biogas hasil pengolahan limbah cair industri tahu
3. Pengembangan potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair secara anaerobik sebagai kerajinan tangan.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini terdiri atas manfaat teoritis dan manfaat praktis.

1.4.1. Manfaat Teoretis

Manfaat teoretis dari penelitian ini adalah untuk memberikan kontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang ilmu lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga dapat dimanfaatkan sebagai referensi bagi penelitian dimasa yang akan datang.

1.4.2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis pada penelitian ini adalah untuk memberikan pertimbangan kepada masyarakat khususnya para pengusaha industri tahu untuk mengurangi beban pencemar organik yang terdapat dalam limbah cair industri tahu yang dibuang ke lingkungan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1 Ilmu Lingkungan

Ilmu lingkungan adalah studi interdisipliner yang meliputi aspek ilmiah dan sosial dampak dari manusia terhadap dunia (Enger dan Smith, 2012). Pendekatan ilmu lingkungan dilakukan dengan melalui ilmu multidisiplin yaitu dengan mengintegrasikan informasi dengan ide-ide dari ilmu biologi, kimia, geologi, dan ilmu sosial seperti geografi, ekonomi, dan politik, serta kemanusiaan seperti filosofi dan etika (Miller dan Spoolman, 2012). Tujuan mempelajari ilmu lingkungan meliputi (1) untuk mempelajari bagaimana kehidupan di bumi telah bertahan dan berkembang, (2) untuk memahami bagaimana kita berinteraksi dengan lingkungan, dan (3) menemukan cara untuk menangani masalah lingkungan dan hidup lebih berkelanjutan (Miller dan Spoolman, 2012). Hal ini dapat disimpulkan bahwa ilmu lingkungan sangat berperan untuk mengatasi masalah lingkungan, serta untuk menunjang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya secara berkelanjutan.

Definisi lingkungan hidup menurut Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. Berdasarkan uraian tersebut menyiratkan bahwa perilaku manusia berhubungan erat dengan lingkungan hidup dan selalu memanfaatkan sumber daya alam disekitarnya untuk memenuhi kebutuhan dan kelangsungan hidupnya.

Pada hakikatnya pemanfaatan sumber daya alam yang dilakukan oleh manusia harus didasari dengan tanggung jawab. Tanggung jawab dengan penuh kesadaran untuk melaksanakan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup sangat diperlukan, sebab tanpa adanya kesadaran dan tanggung jawab maka permasalahan lingkungan maka akan menjadi serius. Pengelolaan lingkungan

dilakukan untuk memelihara dan memperbaiki mutu lingkungan agar dapat mendukung kehidupan manusia. Pengelolaan lingkungan pada dasarnya menggunakan prinsip-prinsip dasar ekologi lingkungan diantaranya meliputi (Miller dan Spoolman, 2012 dan Cunningham dan Cunningham, 2012):

1. Interaksi (*interaction*) adalah hubungan antar spesies yang memanfaatkan sumber daya terbatas seperti makanan, tempat tinggal, dan ruang. Selain definisi tersebut, secara umum interaksi dapat diartikan sebagai sebuah jaringan pada komponen yang saling tergantung dan proses dengan material dan aliran energi dari komponen pada sistem lain.
2. Ketergantungan (*interdependence*) adalah hubungan saling ketergantungan antar suatu organisme dengan organisme lainnya dalam suatu ekosistem untuk dapat terus beradaptasi terhadap kondisi perubahan lingkungan.
3. Keanekaragaman (*diversity*) adalah berbagai spesies yang berbeda, variabilitas genetik antara individu dalam setiap spesies atau keberagaman ekosistem.
4. Keberlanjutan (*sustainability*) adalah kemampuan dari sistem alami, sistem sosial budaya dan ekonomi untuk bertahan hidup dan beradaptasi dengan perubahan kondisi lingkungan secara terus menerus. Hal ini seiring dengan kehidupan pada bumi yang memiliki waktu panjang tanpa kerusakan pada proses ekologi yang saling mendukung.
5. Harmoni (*harmony*) adalah sebuah subjek masyarakat yang berbeda untuk mencari titik keseimbangan, mencegah adanya gangguan periodik.

Penelitian ini akan menggunakan salah satu prinsip dasar dari ekologi lingkungan yaitu teori keberlanjutan (*sustainability*).

2.1.2 Pembangunan Berkelanjutan

Konsep berkelanjutan adalah terpenuhinya kebutuhan generasi masa kini tanpa mengganggu kemampuan pemenuhan kebutuhan generasi mendatang, meningkatkan ekonomi, kualitas lingkungan, dan kesetaraan hak (Lawalata, G.M, 2013). Pada kenyataannya, pembangunan dapat mendorong perubahan fungsi sumber daya alam dan lingkungan menjadi lebih buruk. Hal ini dibuktikan dengan pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk yang diiringi dengan meningkatnya laju pertumbuhan ekonomi, akan membuat tingginya kebutuhan manusia pada barang

dan jasa, dengan kata lain kebutuhan tersebut juga akan mendorong pemanfaatan sumberdaya alam secara berlebihan tanpa memperhatikan daya dukung lingkungan. Permasalahan lingkungan tersebut jika tidak segera ditangani dengan baik akan menjadi suatu permasalahan yang besar bagi generasi yang akan datang. Pemahaman ini sejalan dengan laporan komisi dunia tentang lingkungan dan pembangunan yang berjudul *Our Common Future* yaitu populasi yang berkembang pesat akan dapat menyebabkan peningkatan tekanan pada sumber daya dan memperlambat setiap kenaikan standar hidup; dengan demikian pembangunan berkelanjutan hanya dapat ditempuh jika ukuran populasi dan pertumbuhan selaras dengan potensi produktif perubahan ekosistem (United Nations, 1987). Pemahaman tersebut juga dapat dibuktikan melalui Gambar 2.1 mengenai hubungan antara jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, barang sumber daya alam, dan lingkungan.



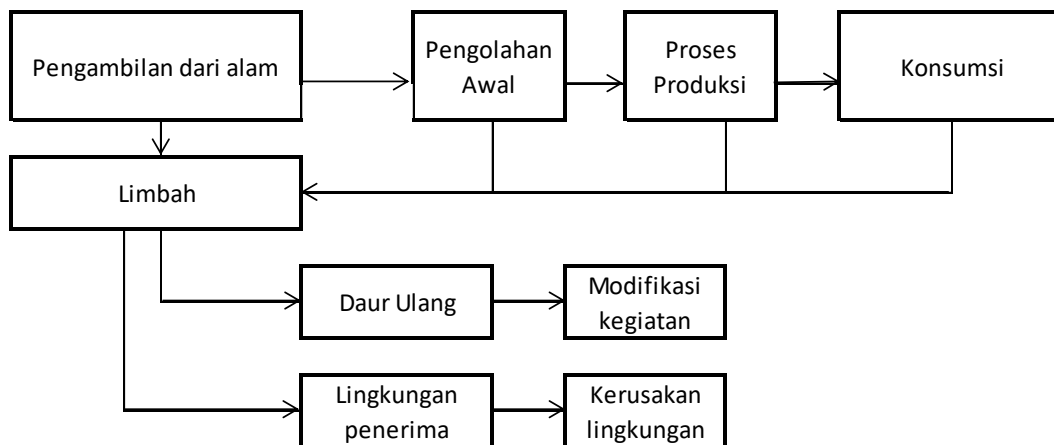
Gambar 2.1. Hubungan antara Jumlah Penduduk, Pertumbuhan Ekonomi, Barang Sumber Daya Alam dan Lingkungan

Sumber: Suparmoko dan Ratnaningsih, 2012

Perkembangan industri dewasa ini telah memberikan sumbangan besar terhadap perekonomian negara, namun tidak dapat dipungkiri limbah industri yang dihasilkan juga memiliki andil dalam perubahan lingkungan. Limbah adalah sisa atau buangan kegiatan (Suparmoko dan Ratnaningsih, 2012). Produksi barang dan jasa serta limbah berhubungan langsung dengan proses pertumbuhan ekonomi,

yang apabila tidak disertai dengan pengelolaan limbah yang memadai, akan timbul keadaan yang mengakibatkan adanya pencemaran dan memburuknya lingkungan yang pada gilirannya akan mengganggu pertumbuhan ekonomi tersebut (Suparmoko dan Ratnaningsih, 2012).

Jika perubahan lingkungan hidup tidak dapat lagi mempertahankan keseimbangannya, maka akan terjadi hal-hal yang tidak menguntungkan yaitu tercemarnya lingkungan di sekitar daerah tersebut. Salah satu cara untuk mempertahankan sistem keseimbangan untuk mutu lingkungan hidup yang baik adalah dengan melakukan pengolahan. Kegiatan pengolahan limbah dapat memperkecil dampak negatif sebagai akibat dari menurunnya fungsi lingkungan, serta memberikan dampak yang keberlanjutan pada aspek sosial, ekonomi dan lingkungan. Secara garis besar sistem keseimbangan material dari sisi kualitas lingkungan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Sistem keseimbangan material

Sumber: Suparmoko dan Ratnaningsih, 2012

Berdasarkan hubungan sistem keseluruhan, dalam rangka mempertahankan sistem keseimbangan juga diperlukan suatu strategi berkelanjutan dan peran serta masyarakat untuk melakukan pengolahan limbah yang baik agar menjaga kelestarian lingkungan dimasa yang akan datang. Oleh karena itu jawaban permasalahan yang ada tidak hanya dapat diselesaikan dengan teori ilmu lingkungan saja namun diperlukan teori-teori pendukung lainnya yang akan diuraikan pada sub bab selanjutnya.

2.1.3 Industri tahu

Industri adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku dan/ atau memanfaatkan sumber daya alam sehingga menghasilkan barang dan/ atau jasa yang mempunyai nilai tambah ekonomi dan manfaat yang lebih tinggi (Rizal, 2013). Industri tahu merupakan kegiatan usaha ekonomi yang memanfaatkan material sumber daya alam lingkungan berupa kedele, air bersih dan energi untuk dirubah menjadi barang/produk tahu.

Indonesia termasuk Negara produsen tahu, karena sebanyak 40% kedelai Indonesia dijadikan untuk memproduksi tahu (BSN, 2012). Berdasarkan hasil prediksi Pusat Data dan Sistem Informasi Setjen Pertanian (2014), konsumsi tahu akan meningkat di tahun 2014 – 2016 dengan rata-rata peningkatan sebesar 1,21%. Konsumsi tahu diprediksikan sebesar 7,14 kg/kapita pada tahun 2014 menjadi sebesar 7,30 kg/kapita pada tahun 2016. Meningkatnya konsumsi tahu ini dapat disebabkan karena tahu memiliki kandungan protein tinggi dan harganya murah jika dibandingkan dengan protein hewani, sehingga dapat memenuhi kebutuhan asupan makanan masyarakat Indonesia pada setiap golongan. Tahu adalah suatu produk makanan berupa padatan lunak yang terbuat melalui proses pengolahan kedele (*Glycine Species*) dengan cara pengendapan proteinnya, dengan atau tanpa penambahan lain yang diijinkan (SNI 01-3142-1998). Tahu mempunyai kandungan nutrisi yang tinggi, komposisi kandungan nutrisi, mineral dan vitamin dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kadar nutrisi tahu

No.	Kandungan Nutrisi Tahu (100 g bahan)	
1	Energi (kalori)	80
2	Air (g)	82,2
3	Protein (g)	10,9
4	Lemak (g)	4,7
5	Hidrat Arang Total (g)	0,8
6	Serat (g)	0,1
7	Abu (g)	1,4
Mineral dan Vitamin		
8	Kalsium (mg)	223
9	Fosfor (mg)	183
10	Besi (mg)	3,4
11	B1 (mg)	0,01

Sumber: Departemen Kesehatan RI, 1995

Jenis tahu yang dijumpai di pasar sangat beragam, ada tahu berwarna putih, tahu kuning, tahu padat, tahu pong, tahu goreng, dan masih banyak jenis lain, namun proses pembuatannya relatif sama. Pada proses pembuatan tahu yang dimulai dari perendaman kedelai sampai dengan tahu jadi akan menghasilkan keluaran bukan produk yang bisa disebut sebagai limbah. Limbah inilah yang menjadi salah satu penyebab masalah lingkungan. Tahapan proses pembuatan tahu serta limbah yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Tahapan proses pembuatan tahu

Bahan Baku	Tahapan Proses	Hasil
Kedelai	Perendaman Kedelai	Kedelai mengembang, kotoran kedelai (kedelai rusak) dan limbah cair dari sisa perendaman
Kedelai mengembang	Pencucian kedelai	Kedelai bersih, kulit ari kedelai dan limbah cair dari pencucian kedelai
Kedelai bersih	Penggilingan kedelai	Bubur kedelai dan ceceran bubur kedelai (limbah padat)
Bubur kedelai	Perebusan bubur kedelai	Bubur kedelai masak
Bubur kedelai masak	Penyaringan bubur kedelai	Sari kedelai, ampas (limbah padat), limbah cair dari sisa sari kedelai yang belum tersaring
Sari kedelai	Penggumpalan sari kedelai	Padatan sari kedelai yang akan menjadi tahu, ceceran bibit penggumpal/kecutan, ceceran bubur tahu yang telah menggumpal, dan limbah cair
Padatan sari kedelai	Pengepresan dan pencetakan	Tahu, limbah cair dari bibit penggumpal/kecutan, dan limbah cair yang keluar dari hasil pengepresan
Tahu	Pemotongan tahu	Tahu potong siap jual, tahu remuk (limbah padat)

Sumber: Hasil pengamatan, 2018

Berdasarkan proses pembuatan tahu tersebut, limbah yang dihasilkan pada proses pembuatan tahu terbagi menjadi dua yaitu limbah cair maupun limbah padat. Limbah padat yang dihasilkan biasanya dijual dan dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sedangkan limbah cairnya hanya di buang langsung ke badan air. Proses pembusukan bahan organik yang terkandung pada limbah cair tahu yang dibuang secara langsung disepanjang aliran sungai akan mengakibatkan terganggunya kualitas badan air penerima dan menurunkan daya dukung lingkungan perairan di sekitar industri. Penurunan daya dukung lingkungan tersebut dapat menyebabkan kematian organisme air, menimbulkan bau, dan lain sebagainya.

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu memiliki kandungan organik yang tinggi, sehingga jika limbah tersebut langsung dibuang ke sungai tanpa ada perlakuan sebelumnya maka dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Poeter dan Gani (1994), menyatakan bahwa karakteristik beban pencemar pada limbah cair industri tahu adalah 30 kg Total Suspended Solids (TSS)/kg bahan baku kedelai, Biological Oxygen Demand (BOD) 65 gr/kg bahan baku kedelai dan Chemical Oxygen Demand (COD) 130 gr/kg bahan baku kedelai.

Berdasarkan data tersebut, kandungan beban organik pada limbah cair industri tahu jauh melebihi ambang batas dari baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014 pada Lampiran XVIII, tentang Baku Mutu Air Limbah (BMAL) bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai dapat dilihat pada Tabel 2.3.

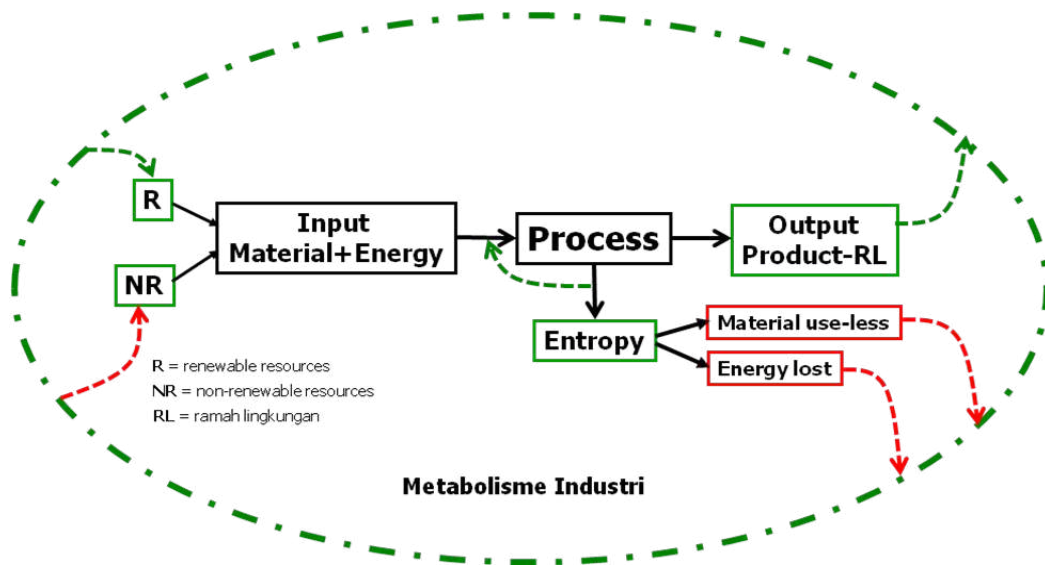
Tabel 2.3. Baku Mutu Air Limbah Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014, bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai

Parameter	Unit	Pengolahan kedelai tahu
BOD	mg/L	150
COD	mg/L	300
TSS	mg/L	200
pH	-	6-9

Oleh karena itu, salah satu cara untuk mengurangi pencemaran lingkungan diperlukan upaya yang tepat untuk mengurangi kandungan organik dalam limbah cair industri tahu dengan melalui pengolahan limbah.

Rizal (2013) menjelaskan filosofi memproteksi lingkungan kegiatan industri yang harus dikaji pada 4 (empat) aspek yaitu;

- i) aspek *input* bahan baku,
- ii) aspek *processing*,
- iii) aspek *entropy* sebagai limbah dan pencemar lingkungan, dan
- iv) aspek *output product* (tahu/tofu) yang disebutnya sebagai metabolisme industri.



Gambar 2.3. Kajian Metabolisme Industri

Sumber: (Rizal, 2013).

Teori metabolisme industri dalam mengelola kegiatan industri menganut konsep baru yang memperhatikan aspek ekologi secara berkelanjutan meliputi:

- i) Input materi R/NR
- ii) Input energi R/NR,
- iii) Proses produksi,
- iv) *Output* produk yang ramah lingkungan
- v) Entropi dalam bentuk;
- vi) *Material use-less* dalam bentuk limbah, serta
- vii) *Energy lost* dalam bentuk pencemaran udara.

Pendekatan metabolisme industri dalam mengelola lingkungan industri akan memfokuskan perhatian aspek ekologi dan sumber daya alam dalam hal; penggunaan material input kegiatan produksi yang bersifat terbarukan (*renewable resources*) dan material tak terbarukan (*non renewable resources*), penggunaan energi yang bersifat terbarukan (*renewable energy*) dan energi tak terbarukan (*non renewable energy*), *output* produk yang ramah lingkungan (*cleaner product*), meminimasi *material use-less* dalam bentuk limbah, dan meminimasi *energy lost* dalam bentuk *pollutant*.

Untuk menilai kinerja lingkungan industri, Rizal (2017) merujuk pada acuan penilaian kinerja lingkungan industri-manufaktur yang dilansir oleh OECD

menggunakan 18 indikator kinerja lingkungan yang dapat dikaji pada tahapan proses-proses produksi (*input-processing-entropy-output product*), termasuk intensitas penggunaan bahan pengawet pada pembuatan tahu (*tofu*). Indikator tersebut adalah:

- a. *Input*: i) Intensitas atau jumlah material bahan baku tak terbarukan, ii) Intensitas atau jumlah zat/bahan kimia berbahaya, iii) Jumlah material content yang dapat diperbarui atau material yang dapat didaur ulang;
- b. *Process*: i) intensitas atau jumlah penggunaan air, ii) intensitas atau jumlah penggunaan energi, iii) Proporsi penggunaan energi yang terbarukan, iv) intensitas atau jumlah timbulan gas rumah kaca (NO₂, SO₂, HC, dan lain sebagainya), v) intensitas atau jumlah bahan sisa (limbah), vi) intensitas atau jumlah udara bersih yang terlepas atau tidak termanfaatkan, vii) intensitas atau jumlah air bersih tidak termanfaatkan, viii) Proporsi penggunaan lahan alamiah (*natural land*);
- c. *Outputs*: i) Jumlah material content yang dapat/telah digunakan kembali (*reused*) atau material yang dapat/telah didaur ulang (*recycled*), ii) Kemampuan untuk melakukan daur ulang, iii) Jumlah kandungan material terbarukan, iv) intensitas material tak terbarukan, v) Kandungan bahan kimia berbahaya, vi) intensitas atau jumlah konsumsi energi, dan vii) intensitas emisi gas rumah kaca.

2.1.3.1 Pengolahan limbah cair industri tahu

Prinsip-prinsip dasar untuk meminimumkan timbulan limbah pada setiap kegiatan industri meliputi; prinsip-prinsip dasar minimisasi limbah pada kegiatan industri tahu; i) pilih dan gunakan bahan baku dan bahan baku pembantu yang berkualitas baik; ii) minimumkan penggunaan air bersih; iii) tingkatkan kinerja teknologi industri (*input-process-output-entropy*) dan tingkatkan kinerja IPAL; iv) pemanfaatan kembali (*reuse*) material bahan baku utama dan bahan baku pembantu, v) daur ulang (*recycle*) material bahan baku utama dan bahan baku pembantu (Rizal, 2013).

Pada area penelitian ini, secara teknis penurunan konsentrasi kandungan zat organik pada limbah cair industri tahu dapat dilakukan dengan berbagai cara.

Berdasarkan kebutuhan penggunaan oksigen pada mikroorganisme atau bakteri, pengolahan limbah cair dapat dibagi menjadi dua yaitu pengolahan secara anaerobik dan secara aerobik. Kombinasi pengolahan limbah cair tahu dengan proses anaerob dan aerob untuk dapat menurunkan konsentrasi kandungan zat organik dalam limbah cair industri tahu secara signifikan.

Pengolahan limbah secara anaerobik adalah konversi biologi bahan organik dengan proses fermentasi tanpa menggunakan oksigen untuk menghasilkan gas metana dan CO₂, sedangkan aerobik adalah konversi biologi bahan organik dengan kehadiran udara (O₂) di dalam prosesnya, biasanya berada pada tangki dengan tutup terbuka (Metcalf dan Eddy, 2003). Reaksi yang terjadi pada proses penguraian bahan organik secara aerobik dan anaerobik adalah:

- Proses Aerobik : Bahan organik + O₂ → CO₂ + H₂O
- Proses Anaerobik : Bahan organik (tanpa O₂) → CO₂ + CH₄

2.1.3.1.1 Proses pengolahan limbah secara anaerobik

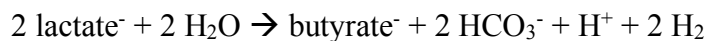
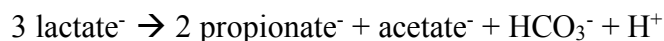
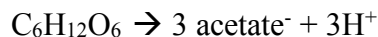
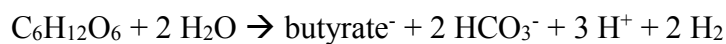
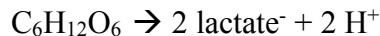
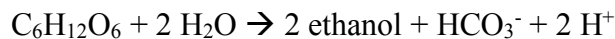
Proses degradasi anaerobik adalah proses fermentasi bahan organik oleh aktivitas bakteri anaerob pada kondisi tanpa oksigen bebas dan merubahnya dari bentuk tersuspensi menjadi terlarut dan biogas. Pengolahan limbah secara anaerobik dapat diartikan sebagai proses biokimia yang menghasilkan biogas dengan merubah bahan organik kompleks menjadi sumber energi terbarukan (Hagos *et al.*, 2016). Proses pengolahan anaerobik dapat memberikan keuntungan lebih dibandingkan pengolahan secara aerobik (Nurhadi, 2010), diantaranya yaitu:

- Proses anaerobik tidak membutuhkan energi untuk aerasi, sehingga mengurangi biaya pada proses pengolahannya
- Lumpur atau sludge yang dihasilkan lebih sedikit dari proses aerobik.
- Bahan pencemar berupa bahan organik yang dapat terbiodegradasi hampir semuanya dikonversi ke bentuk biogas (gas metana) yang mempunyai nilai kalor tinggi dan dapat digunakan sebagai substitusi sumber energi

Proses pengolahan limbah secara anaerobik dibagi menjadi 4 tahapan yaitu hidrolisis, acidogenesis, asetogenesis dan methanogenesis, dan keempat tahapan tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Hidrolisis

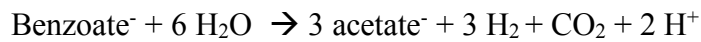
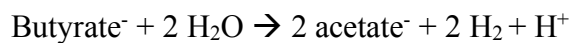
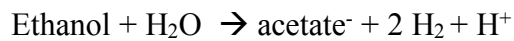
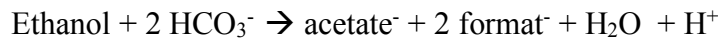
Limbah cair industri tahu umumnya memiliki kandungan bahan organik yang kompleks dan terdiri atas polisakarida, protein dan lemak. Perubahan bahan organik yang kompleks menjadi bahan sederhana terjadi pada tahap hidrolisis. Bakteri hidrolisis mengubah biomassa, selulosa, hemi selulosa, karbohidrat, protein dan lemak menjadi glukosa, asam aminom gliserin, dan lemak dengan waktu yang lambat. Organisme yang bekerja pada proses hidrolisis ini adalah jenis fakultatif atau obligat anaerob dengan pH optimum sebesar 6-7,5. Bakteri di dalam proses hidrolisis ini dikelompokkan dalam acidogenesis (pembentukan asam) seperti *Clostridium sp*, *Peptococcus anarobus*, *bifidobacterium spp*, *Corynebacterium spp*, *Lactobacilus*, *Actinomyces*, *Staphylococcus*, *Cellulomonas*, *Escheria coli* dan *Bacteriodes Ruminaococcus* lainnya (Metcalf dan Eddy, 2003). Reaksi kimia berdasarkan proses degradasi senyawa organik dengan bantuan bakteri hidrolisis adalah (Thauer *et al.* dalam Stams dan Elfrink, 2003):



2. Acidogenesis

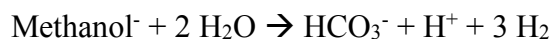
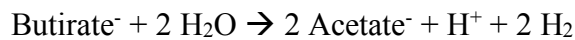
Tahap selanjutnya adalah tahap Acidogenesis, pada tahap ini senyawa organik terlarut seperti glukosa, asam amino, gliserin, dan lemak dirubah oleh bakteri asidogenik menjadi senyawa yang sederhana seperti asam formiat, asam asetat, asam laktat, asam butirat, asam propionat, ethanol, CO₂, H₂, NH₃, H₂S, dan bahan sel baru. Organisme atau bakteri yang bekerja pada tahap ini adalah jenis fakultatif dan atau obligat anaerob dengan pH optimum sebesar 6-7,5. Beberapa jenis bakteri asidogenik diantaranya adalah *Clostridium*, *Lactobacillus Selenomonas*, dan *Bacteriodes Ruminococcus*. Pada tahap ini

mikroorganisme jenis *syntropic acetogenic* akan bekerjasama dengan organisme methanogen/ pengonsumsi hidrogen untuk menguraikan asam propionat dan format menjadi asam asetat, H₂O, dan CO₂ (Metcalf dan Eddy, 2003). Reaksi kimia berdasarkan proses degradasi senyawa organik dengan bantuan bakteri asidogenik adalah (Thauer *et al.* dalam Stams dan Elfrink, 2003):



3. Asetogenesis

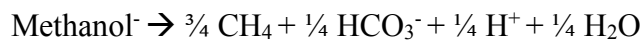
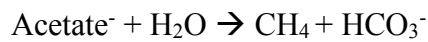
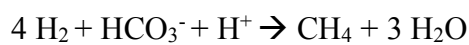
Pada tahap asetogenesis, bakteri asetogenik yang bekerja pada tahap ini adalah jenis obligat anaerob dengan pH optimum kerja sebesar 6-7,5. Beberapa jenis bakteri asetogenik diantaranya adalah *Desulfomonas*, *Desulfotomaculum*, *Desulfovibrio*. Bakteri-bakteri asetogenik tersebut akan mengkonversi asam laktat, asam butirat, asam propionat, dan ethanol menjadi hidrogen, karbondioksida dan asam asetat (Ahring, B.K, 2003). Reaksi kimia berdasarkan proses degradasi senyawa organik dengan bantuan bakteri asetogenik adalah (Thauer *et al.* dalam Stams dan Elfrink, 2003):



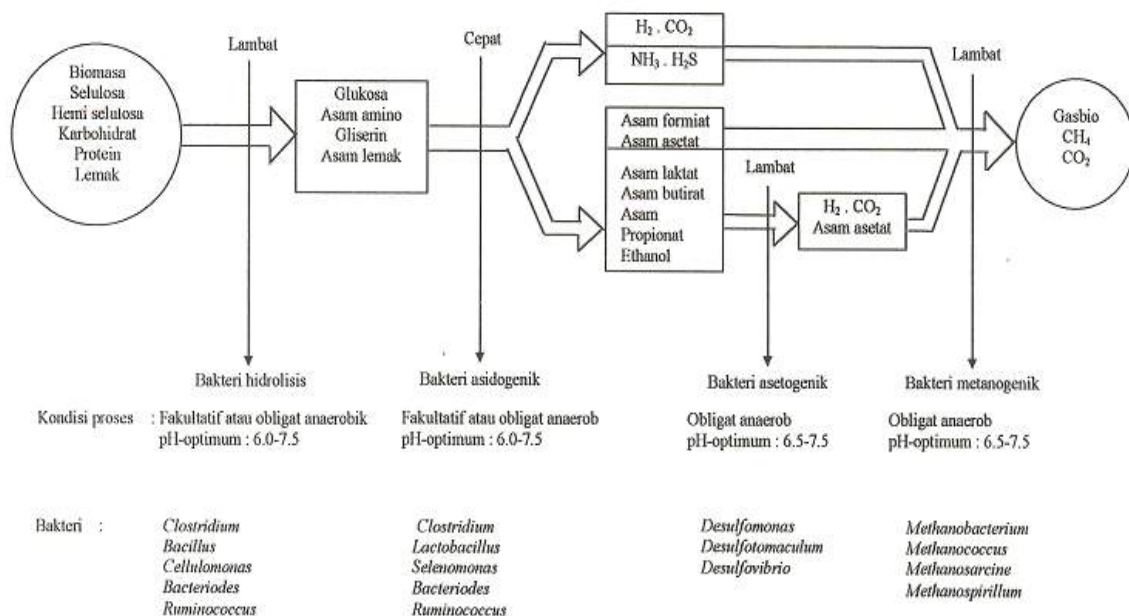
4. Metanogenesis

Tahap yang terakhir pada proses anaerobik adalah metanogenesis. Pada tahapan ini didominasi oleh bakteri metanogen yang umumnya bersifat obligat anaerob serta sangat peka terhadap oksigen. Pada tahap metanogenesis ini

terdapat beberapa jenis mikroorganisme diantaranya adalah *Methanobacterium*, *Methanococcus*, *Methanosarcine*, *Methanospirillum* (Metcalf dan Eddy, 2003). Pada penelitian Lins, P. *et al.* (2015) menyatakan bahwa bakteri *Methanosarcina spp* adalah bakteri yang mampu mendegradasi asetat tingkat tinggi, dimana secara bersama-sama mikroorganisme jenis *Methanothrix spp* dan *Methanosarcina spp* melakukan kolaborasi fermentasi terhadap asam asetat menjadi biogas, CO₂, dan CH₄. Reaksi kimia berdasarkan proses degradasi senyawa organik dengan bakteri metanogenesis adalah (Thauer *et al.* dalam Stams dan Elfrink, 2003):



Berdasarkan uraian keempat tahapan proses degradasi limbah secara anaerobik tersebut dapat terlihat bahwa proses hidrolisis, proses acidogenesis, proses asetonogenesis, dan proses methanogenesis saling berkaitan erat dan hasil setiap proses akan dimanfaatkan oleh bakteri yang berada pada proses selanjutnya. Oleh karena itu, keempat tahapan proses ini secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Empat Tahapan Proses Pengolahan Limbah Secara Anaerobik

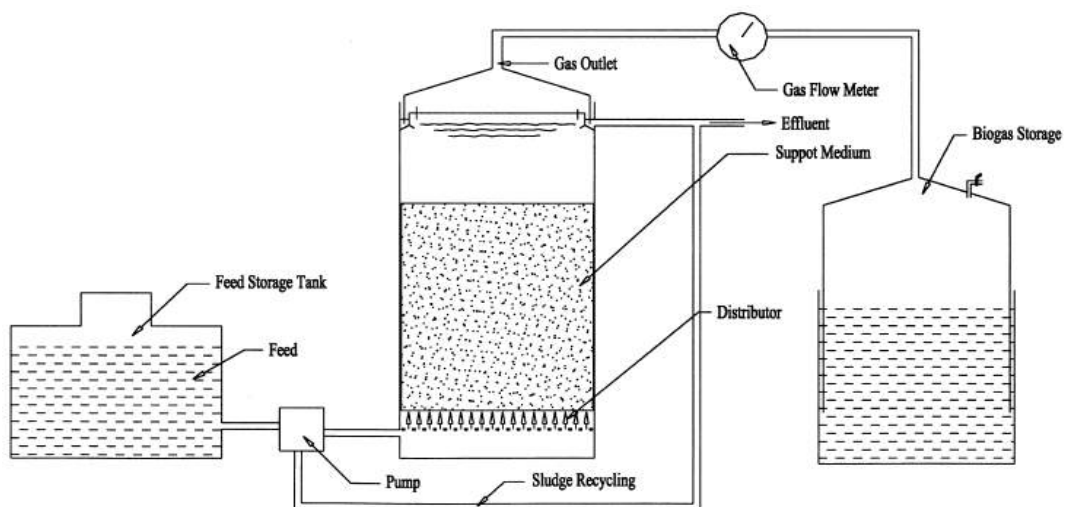
Sumber: Stronach *et al.* dalam Indriyati 1997

2.1.3.1.2 Reaktor Anaerobik Tipe *Fixed Bed*

Proses pengolahan limbah cair organik secara anaerobik dapat dilakukan pada bioreaktor. Pada dasarnya bioreaktor dapat terbagi menjadi dua yaitu reaktor dengan material penyangga dan reaktor tanpa material penyangga, yang dapat diperinci sebagai berikut yaitu:

- Bioreaktor tanpa material penyangga
Bioreaktor tanpa material penyangga adalah reaktor yang tidak mempunyai tempat untuk menempelnya bakteri, yang termasuk reaktor tanpa material penyangga adalah reaktor tanpa pengaduk dan reaktor dengan pengaduk. Contoh reaktor tanpa pengaduk yaitu *Fixed Dome Reactor*, *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor*, dan lainnya, sedangkan contoh untuk reaktor dengan pengaduk adalah *Continuous Stir Tank Reactor (CSTR)* dan lainnya.
- Bioreaktor dengan material penyangga
Bioreaktor dengan material penyangga adalah reaktor yang mempunyai tempat untuk menempelnya bakteri, sehingga bakteri dapat berkembang biak dan berakumulasi. Salah satu yang termasuk pada reaktor jenis ini adalah reaktor tipe *Fixed Bed*. Salah satu metoda terbaik pada pengolahan secara anaerobik untuk buangan cairan dengan konsentrasi tinggi adalah dengan tipe reaktor jenis *Fixed Bed* (Weiland, 1987).

Reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed*

Sumber: Rajeshwari *et al.*, 1999

Reaktor tipe *Fixed Bed* adalah reaktor yang terdiri atas tangki yang berisi material penyangga tetap yang berfungsi sebagai tempat menempelnya bakteri. Keunggulan proses kinerja reaktor tipe *Fixed Bed* diantaranya yaitu kandungan organiknya yang dapat mencapai 10.000-20.000 mg/l COD, dengan waktu tinggal substrat 24-48 jam, dan efisiensinya mencapai 75-85% (Metcalf dan Eddy, 2003).

2.1.3.1.3 Jenis Material Penyangga dan sistem pola aliran

Di dalam reaktor *Fixed Bed* terdapat Material penyangga. Material penyangga berfungsi memperbanyak jumlah bakteri atau mikroorganisme yang aktif dalam reaktor. Material penyangga juga berfungsi sebagai tempat menempel mikroba atau bakteri, sehingga mikroba tidak ikut terbawa cairan sisa buangan atau effluen yang keluar dari reaktor (Nawawi, 1995). Keuntungan lain yang didapat dengan menggunakan material penyangga adalah jumlah mikroorganisme tidak dipengaruhi oleh tingkat beban organik/*Organic Loading Rate* (OLR), karena mikroorganisme telah menempel dengan baik di material penyangga. Bakteri-bakteri anaerobik yang menempel pada material penyangga akan mendegradasi kandungan bahan organik pada limbah cair tahu menjadi biogas. Biogas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar industri tahu untuk mensubstitusi pemakaian energi fosil (LPG, minyak tanah, dan kayu bakar) pada kegiatan memasak sehari-hari.

Material penyangga biasanya dibuat dari berbagai macam bahan yang tidak terdegradasi, misalnya: plastik, keramik, tanah liat, batu apung, bambu atau bahan lainnya. Kekasaran permukaan material penyangga memegang peranan penting dalam proses inokulasi dan adaptasi. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, pada permukaan licin bakteri sulit untuk menempel di permukaan material penyangga (Weiland, 1987). Jenis material penyangga yang digunakan juga dapat mempengaruhi unjuk kinerja reaktor anaerobik. Beberapa ukuran dan bentuk material penyangga yang biasa dipakai pada beberapa reaktor terbuat dari sejenis plastik dengan bentuk geometri tertentu adalah *Hi Flow 90*, *Plasdek C.10*, dan *Flocor R* (Weiland, 1987).

Volume ruang pada reaktor tipe *Fixed Bed* ini terbagi menjadi dua yaitu volume total reaktor dan volume kerja reaktor. Volume total reaktor adalah volume keseluruhan reaktor, sedangkan volume kerja reaktor atau volume efektif reaktor adalah volume reaktor yang sudah dikurangi dengan volume dari material penyangga. Perbandingan antara volume kerja dengan volume total reaktor dapat dinyatakan sebagai persen porositas reaktor. Semakin besar porositas yang dihasilkan semakin baik, karena tidak akan menyebabkan penyumbatan dalam proses apabila limbah yang akan diolah mempunyai konsentrasi partikulat yang tinggi. Selain itu, semakin besarnya porositas juga membuat rongga untuk cairan yang ada di dalam reaktor semakin besar, sehingga semakin banyak pula limbah yang dapat masuk ke dalam reaktor. Jika porositas besar maka pembentukan biofilm di material penyangga dapat berjalan dengan baik dan tidak akan terganggu dengan adanya aliran. Jenis-jenis material penyangga dan porositas material penyangga dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Jenis-jenis dan porositas material penyangga

Jenis	Porositas (%)
Kerikil	50
Bambu	75
Leca	40
Hilow-rings	97
Pall-ring	95
Flocor R	97
Clay Block	55
Plasdek C.10	96
Hi Flow 90	96,5

Sumber: Indriyati, 2005

Selain material penyangga, aliran di dalam reaktor juga sangat berpengaruh pada stabilitas reaktor. Aliran reaktor tipe *Fixed Bed* ini dapat dioperasikan secara *up flow* dan *down flow*. Cara kerja reaktor dengan sistem *up flow* adalah dengan substrat umpan masuk melalui dasar reaktor yang kemudian terdistribusi diantara material penyangga dan keluar pada bagian atas, sedangkan reaktor untuk sistem *down flow* substrat umpan masuk melalui bagian atas reaktor yang kemudian terdistribusi diantara material penyangga dan keluar melalui bagian bawah (Weiland, 1987).

2.1.3.1.4 Pengoperasian Reaktor Anaerobik tipe Tipe *Fixed Bed*

Pengoperasian reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* dibagi menjadi dua tahapan yaitu proses inokulasi dan proses adaptasi.

1. Proses Inokulasi

Proses inokulasi adalah tahap pertama pada proses anaerobik dan salah satu faktor terpenting pada pengolahan limbah cair secara anaerobik. Proses inokulasi dapat berjalan dengan baik, maka produksi biogas dan gas metana dapat menjadi lebih tinggi. Tahap inokulasi adalah proses memindahkan bakteri dari medium yang lama ke medium yang baru. Inokulum yang baik adalah kotoran ternak, karena mengandung poli bakteri dan diantaranya terkandung bakteri pembentuk gas metana. Selain kotoran ternak, inoculum terbaik juga dapat digunakan dari sludge atau *effluent* yang berasal dari reaktor anaerobik lain yang telah beroperasi dengan baik (Indriyati, 1997). Kotoran sapi dapat dipilih sebagai salah satu inokulum yang terbaik dan mudah untuk ditemui. Pada proses ini, kotoran sapi harus diciptakan kondisi yang cukup baik untuk memungkinkan bakteri dapat dipindahkan ke dalam medium baru yaitu reaktor anaerobik, sehingga bakteri tersebut tersebut dapat hidup dan berkembang biak. Kotoran sapi akan diinkubasi didalam reaktor anaerobik sampai kondisi stabil. Proses inkubasi ini bertujuan agar terbentuknya lapisan tipis /biofilm pada permukaan material penyangga. Biofilm tersebut adalah indikasi bahwa bakteri sudah melekat dengan sempurna. Proses inokulasi biasanya terjadi selama 1 sampai dengan 3 bulan (Wulfret, 1985). Proses biodegradasi secara anaerobik yang melibatkan bakteri-bakteri inokulum dapat mempengaruhi beberapa parameter diantaranya pH, terbentuknya biogas, dan gas metana (Stronach *et al.*, 1986). Setelah proses inokulasi berjalan dengan baik, maka dapat dilakukan adaptasi pengisian substrat limbah cair tahu ke dalam reaktor sesuai dengan tingkat beban organik/OLR yang diinginkan.

2. Proses Adaptasi

Proses adaptasi adalah tahap pertama kali substrat umpan limbah cair dari industri tahu dimasukkan ke dalam reaktor anaerobik, dimana bakteri

mencoba beradaptasi dengan memakan limbah cair yang diberikan. Substrat limbah cair tahu ini dimasukkan ke dalam reaktor secara berkesinambungan dimulai dari jumlah kecil hingga jumlah yang tinggi. Substrat limbah cair industri tahu yang digunakan adalah limbah cair tahu yang segar, sehingga diharapkan belum terjadi degradasi. Pengisian limbah cair tahu dimulai dari 0,5% volume kerja efektif yang akan dioperasikan, dan selanjutnya kenaikan umpan dilakukan sekitar 10% per hari dari pengumpanan sebelumnya. Pada setiap kenaikan OLR dilakukan pengamatan kestabilan reaktor sesuai dengan penelitian Stronach *et al*, (1986) diantaranya adalah pH, produksi biogas yang dihasilkan dan % kandungan metana. Kondisi dikatakan stabil apabila jika dilakukan pengisian umpan, produksi gas akan bertambah, namun pH dan % metana tidak turun. Apabila salah satu indikator ini menunjukkan penurunan, hal ini menandakan proses didalam reaktor sudah terganggu dan apabila dua dari tiga indikator ini mengalami penurunan maka jumlah pengisian harus dikurangi atau dihentikan.

2.1.3.1.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas reaktor anaerobik

Selain proses inokulasi dan adaptasi, ada beberapa faktor penting yang juga dapat mempengaruhi stabilitas reaktor selama proses pengolahan secara anaerobik diantaranya adalah Waktu Tinggal Substrat (*Hydraulic Retention Time/HRT*), Tingkat Beban Organik (*Organic Loading Rate/OLR*), pH, dan temperatur, serta 3 parameter kunci yang sesuai dengan Permen LH No. 5 Tahun 2014 yaitu *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, *Total Suspended Solid (TSS)*.

1. Tingkat Beban Organik (*Organic Loading Rate/OLR*)

Tingkat beban organik biasanya disebut *Organic Loading Rate* yang disingkat OLR. Tingkat beban organik adalah besaran yang menyatakan jumlah material organik dalam suatu volume yang diumpankan pada reaktor. Tingkat beban organik adalah hasil perkalian antara debit influen yang dikalikan dengan kadar konsentrasi COD influen dan dibagi dengan volume kerja reaktor. Satuan untuk OLR adalah kg COD/m³. Hubungan terbaik antara tingkat beban organik dan waktu tinggal substrat adalah ketika kondisi operasi

stabil maka pengamatan akan menunjukkan tingginya OLR diiringi dengan HRT yang singkat (Aslanzadeh *et al.*, 2014). Tingkat beban organik yang diumpankan dengan menggunakan substrat limbah cair organik dapat didegradasi oleh mikroba, kemudian diubah menjadi metana melalui proses biologis oleh mikroba-mikroba pengurai dalam reaktor. Perubahan tingkat beban organik yaitu limbah cair industri tahu yang dilakukan secara mendadak dapat mengakibatkan kenaikan produksi asam, jika kenaikan tersebut tidak secara cepat diiringi dengan kenaikan pembentukan gas metana, maka akan terjadi pembentukan asam lemak organik yang dapat mengakibatkan penurunan pH sehingga menghambat produksi gas metana. Penambahan tingkat beban organik limbah cair industri tahu dilakukan secara bertahap yaitu dimulai dari yang paling rendah hingga pemberian substrat yang optimum. Hal ini bertujuan agar bakteri yang tumbuh di dalam reaktor dapat beradaptasi sehingga tidak *shock* atau mati. Pada setiap kenaikan OLR, peneliti akan melakukan pengamatan untuk menjaga kestabilan reaktor.

2. Waktu Tinggal Substrat (*Hydraulic Retention Time/HRT*)

Waktu Tinggal Substrat biasa disebut juga sebagai *Hydraulic Retention Time* yang disingkat menjadi HRT. Satuan untuk HRT adalah hari. Berdasarkan penelitian Dareioti dan Kornaros (2014), HRT pada pengolahan limbah cair organik secara anaerobik mempengaruhi pembentukan hidrogen dan produksi gas metana. Waktu Tinggal Substrat juga dipengaruhi oleh volume total reaktor dan dapat dikatakan berbanding terbalik dengan tingkat beban organik limbah, sehingga apabila HRT besar maka tingkat beban organik limbah yang diolah menjadi kecil dan begitu pula sebaliknya HRT kecil maka tingkat beban organik limbah yang diolah semakin besar. Waktu Tinggal Substrat juga bergantung kepada karakteristik limbah cair dan kondisi lingkungannya. Waktu Tinggal Substrat terbagi atas dua yaitu *attached growth* memiliki Waktu Tinggal Substrat selama 1-10 hari, dan *dispersed growth* memiliki Waktu Tinggal Substrat RT selama 10-60 hari (Polpraset dalam Bitton, 2005).

3. Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*)

Alkyol (2012) menyatakan bahwa tingginya angka COD dapat membahayakan ikan, hewan, dan mengkontaminasi rantai makanan apabila dibuang langsung ke saluran pembuangan tanpa diolah terlebih dahulu. Oleh karena itu, konsentrasi COD pada limbah cair industri tahu perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang langsung ke lingkungan. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimiawi dalam 1 liter contoh uji, dimana kalium dikromat sebagai oksidator (BTL, 2010). Konsentrasi COD juga sangat berpengaruh terhadap dimensi reaktor anaerobik, jika kandungan COD rendah maka kebutuhan volume reaktor menjadi cukup besar untuk menampung seluruh umpan substrat.

4. Kebutuhan Oksigen Biologis (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*)

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Metcalf & Eddy, 1991). Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*). Mays (1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Oleh karena itu, BTL (2003) menyatakan bahwa BOD adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat-zat organik secara biokimia dalam 1 liter air selama penderaman 5x24 jam pada suhu 20°C.

5. Zat Padat Total (*Total Suspended Solid/TSS*)

Total suspended solid (TSS) adalah zat padat yang terkandung dalam air, meliputi zat padat yang tersuspensi dan terlarut, organik dan anorganik (Oktriani, 2016). Konsentrasi TSS yang tinggi menggambarkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air. Dampak lanjutan dari limbah cair yang mengandung TSS tinggi yaitu terjadi

pendangkalan pada air sungai. Hal tersebut mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis dari biota air. Oleh karena itu, TSS yang terdapat pada limbah cair industri tahu sudah seharusnya diturunkan terlebih dahulu hingga sesuai dengan baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh pemerintah sebelum dibuang langsung ke lingkungan.

6. pH

Nilai pH adalah besaran yang menyatakan banyaknya ion H^+ . Nilai pH dirumuskan sebagai $pH = -\log (H^+)$. Stabilitas proses pengolahan limbah secara anaerobik sangat bergantung pada nilai pH di dalam reaktor. Nilai pH yang rendah menyatakan kelebihan proton. Proton akan berubah menjadi H_2 dan akan menjadi senyawa penghambat reaktor, sedangkan pH yang baik untuk operasi adalah 6,6 – 7,6 (Metcalf & Eddy, 2003). Pengamatan pH ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kestabilan bakteri yang berada di dalam reaktor anaerobik. Umumnya bakteri dapat tumbuh maksimum antara pH 6-7,5 (Stronach *et al*, 1986). Jika pH lebih rendah dari 5,0 dan lebih tinggi dari 8,5 pertumbuhan bakteri di dalam reaktor akan terhambat, sehingga proses pengolahan tidak akan berjalan optimal. Oleh sebab itu, pengaturan pH sangat penting untuk menjaga pertumbuhan bakteri-bakteri anaerob di dalam reaktor.

7. Temperatur

Temperatur adalah faktor lingkungan yang penting untuk aktivitas mikroorganisme pada proses biologis secara anaerob, karena proses perubahan zat organik polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana di dalam reaktor dipengaruhi oleh temperatur. Berdasarkan kondisi untuk pengoperasian reaktor, temperatur dibedakan atas dua golongan yaitu mesofilik yang hidup pada suhu antara 85-100⁰F (30-38⁰C), dan termofilik yang hidup pada suhu antara 120-135⁰F (49-57⁰C) (Metcalf & Eddy, 2003). Temperatur yang terbaik untuk pertumbuhan bakteri adalah golongan mesofilik. Pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian Patel dan Madamwar pada (2001) yang menyatakan bahwa kinerja terbaik untuk mereduksi COD dan BOD dengan hasil gas metana yang maksimum adalah pada suhu operasi reaktor 37⁰C. Selain kondisi tersebut, fluktuasi temperatur juga harus

diperhatikan karena dapat mengganggu aktivitas bakteri, sehingga sebaiknya diusahakan fluktuasi temperatur di dalam reaktor tidak lebih dari 5°C. Bila reaktor anaerobik dioperasikan pada suhu yang lebih rendah, misalnya 20°C, pertumbuhan mikroba pada kondisi ini sangat lambat dan sulit pada awal operasi untuk beberapa bioreaktor, namun sebaliknya jika suhu reaktor lebih besar atau sama dengan 70°C maka bakteri metanogen dapat menurun jumlahnya (Malina dan Pohland dalam Ramdhani dan Handjani, 2009). Disisi lain, penelitian Ahring, B. K (2003) menyatakan bahwa kondisi termofilik adalah kondisi terbaik pada saat proses hidrolisis, karena dapat menghilangkan *xenobiotics* selama proses pengolahan.

2.1.3.1.6 Potensi biogas yang dihasilkan dari pengolahan limbah dengan sistem anaerobik

Hasil samping dari proses degradasi limbah cair organik secara anaerobik adalah senyawa sederhana berbentuk gas diantaranya yaitu gas metana, gas karbondioksida, dan biogas lainnya. Pembentukan gas-gas tersebut sangat bergantung pada jumlah dan komposisi kimia substrat yang didegradasi. Degradasi 1 kg COD menghasilkan 0,35 m³ gas metana (Castrillon *et al.*, 2013). Jumlah persentase gas terbesar yang dihasilkan dari proses degradasi limbah cair secara anaerobik ini adalah gas yang mudah terbakar yaitu metana. Oleh karena itu, jika pengolahan limbah cair pada industri tahu ini dapat diterapkan dengan baik maka hasil samping pengolahan limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan. Pemanfaatan energi terbarukan ini juga dapat mengurangi kebutuhan pembelian energi fosil, sehingga penghematan dapat dilakukan.

Komposisi gas metana yang dihasilkan sangat bergantung dari kandungan bahan organik limbah cair industri tahu yang dapat didegradasi melalui proses anaerobik, diantaranya karbohidrat, lemak, dan protein. Hasil degradasi komponen utama buangan limbah akan menghasilkan konsentrasi gas metana adalah sebagai berikut 50% CH₄ berasal dari karbohidrat, 68% CH₄ berasal dari lemak dan 70% CH₄ berasal dari protein (Weiland, 1987). Berdasarkan penelitian Wahyuni (2011) menyatakan bahwa 1m³ biogas yang dihasilkan dari pengolahan

limbah secara anaerobik dapat disetarakan dengan penggunaan energi lain. Kesetaraan biogas dengan sumber bahan bakar lain dapat di lihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut.

Tabel 2.5. Kesetaraan Biogas dengan Sumber Energi Lain

Biogas	Sumber Energi Lain
1 m ³ Biogas	0.46 kg LPG
	0.62 liter minyak tanah
	0.52 liter minyak solar
	0.08 liter bensin
	3.50 kg kayu bakar

Sumber: Wahyuni, 2011

2.1.3.2 Proses pengolahan limbah tahap lanjutan

Mikroorganisme di alam secara umum berperan sebagai biodegradator atau dekomposer. Pemanfaatan kemampuan alamiah serta seleksi terhadap jenis mikroorganisme, maka suatu limbah dapat dimanfaatkan sebagai substrat untuk menghasilkan suatu produk dengan nilai ekonomis yang lebih tinggi. Di dalam limbah cair tahu tersebut masih terdapat kandungan nutrient yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroorganisme, maka limbah cair tahu memiliki potensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut, salah satunya sebagai substrat untuk produksi nata de soya.

Nata berasal dari bahasa Spanyol yaitu nadir yang artinya berenang, istilah tersebut juga berasal dari bahasa latin yaitu natere yang artinya terapung. Bakteri yang berperan dalam fermentasi nata adalah *Acetobacter xylinum*. Bakteri *Acetobacter xylinum* termasuk ke dalam bakteri asetat yang bersifat aerobik, berbentuk elips, batang lurus, atau sedikit melengkung dan tidak membentuk endospora (Krieg dan Holt, 1984). Bakteri *Acetobacter xylinum* membentuk asam dari glukosa dan mengoksidasi asam asetat yang terbentuk menjadi CO₂ dan H₂O (Skinner dan Lovelock, 1979). Sifat khas dari bakteri tersebut adalah kemampuannya untuk membentuk lapisan tebal pada permukaan substrat cair fermentasi yang mengandung sumber gula. Komponen inilah yang menjadi lapisan selulosa yang dikenal sebagai nata. Pengembangbiakan bakteri *Acetobacter xylinum* dapat dilakukan dengan mudah dengan menggunakan air kelapa. Air kelapa yang telah direbus kemudian didinginkan dan ditambahkan

gula, Za, dan asam cuka, serta bibit kultur *Acetobacter xylinum* murni. Larutan tersebut ditutup sehingga dalam kondisi anaerobik dan disimpan di dalam ruangan yang tidak terkena matahari, dan selanjutnya bibit tersebut dapat digunakan untuk inokulasi media pembuatan nata (Salim, 2015).

Pada dasarnya nata dapat terbentuk dari berbagai substrat yang cukup mengandung gula sebagai sumber karbon. Gula tersebut dibutuhkan sebagai sumber energi lain selain untuk pembentukan lapisan nata (Sinskey *et al*, 1986). Jenis gula yang umumnya ditambahkan dalam substrat fermentasi nata adalah sukrosa dalam bentuk gula pasir. Konsentrasi gula yang ditambahkan berkisar antara 10-15% (Rachmawati, 1994), atau tergantung jenis substrat yang digunakan. Gula dapat diubah menjadi asam asetat dan benang-benang selulosa yang akan menebal sehingga membentuk nata.

Ketebalan nata dapat dioptimalkan dengan menambahkan sumber N dalam bentuk ammonium dihydrogen phosphate ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) atau ammonium sulphate (NH_4)₂SO₄ ke dalam substrat fermentasi (Krieg dan Holt, 1984). Sumber N dibutuhkan oleh sel mikroorganisme untuk sintesis asam amino atau asam nukleat. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah pH. Santoso (1996) menyimpulkan bahwa ketebalan nata yang baik terbentuk pada pH sekitar 5,0-5,5. Penambahan asam asetat pada limbah cair tahu dapat berfungsi untuk menurunkan nilai pH dan meningkatkan keasaman. Berdasarkan penelitian Santoso (1999) menyatakan bahwa ketebalan nata terbesar dari limbah cair tahu adalah 0,927 cm yang diperoleh dengan perlakuan 15% gula pasir dan 0,3% $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

Cara pembuatan nata dari limbah cair tahu adalah (Santoso, 1999 dan Salim 2015):

- (2) Limbah cair tahu dipanaskan 100°C selama 10-15 menit
- (3) Kemudian substrat disaring dengan menggunakan kain tipis berlapis kapas hingga diperoleh cairan yang jernih,
- (4) Selanjutnya ke dalam substrat ditambahkan gula pasir karena rendahnya sumber C yang terdapat dalam limbah cair tahu,
- (5) Kemudian ditambahkan sumber nitrogen dalam bentuk pupuk NPK ke dalam limbah cair tahu yang telah direbus

- (6) Selanjutnya campuran tersebut ditambahkan air cuka dalam keadaan panas agar dapat menurunkan nilai pH
- (7) Kemudian dalam keadaan panas dimasukkan ke dalam loyang plastik yang ditutup koran dan diikat dengan menggunakan karet, dan
- (8) Disimpan pada suhu ruangan dan ruangan yang bersih.
- (9) Jika suhu telah sesuai dengan suhu ruangan maka bakteri *Acetobacter xylinum* dapat dimasukkan sebanyak 10% dari jumlah medium *effluent* limbah cair tahu yang akan digunakan
- (10) Biarkan selama 10 sampai 15 hari.

Nata de soya dapat dibuat dari *effluent* limbah cair industri tahu yang telah diolah secara anaerobik, karena *effluent* tersebut masih mengandung bahan-bahan organik yang melebihi standar baku mutu air limbah. Bahan-bahan organik tersebut dapat dimanfaatkan sebagai nutrient oleh bakteri *Acetobacter xylinum* sebagai substrat untuk menghasilkan suatu produk dengan nilai ekonomis yang lebih tinggi yaitu nata de soya.

Nata de soya yang telah terbentuk dari *effluent* limbah cair industri tahu selanjutnya dipress dan dikeringkan di tempat udara terbuka hingga berbentuk lembaran tipis. Lembaran kering nata de soya tersebut dapat disebut sebagai kain limbah tahu. Kain limbah tahu ini bersifat elastis, tahan air seperti kulit hewan, sehingga kain tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk kerajinan tangan seperti, tas, sepatu, dompet dan lain sebagainya.

2.1.4 Persepsi Masyarakat

Masyarakat termasuk salah satu aspek penting di dalam melihat dampak dari kegiatan operasi, karena masyarakatlah yang paling mengetahui dampak perubahan lingkungan yang timbul dari akibat adanya buangan dari kegiatan industri. Sifat dampak dibedakan atas dampak positif, yaitu jenis-jenis dampak yang menguntungkan bila ditinjau dari segi lingkungan dan ekonomi, serta dampak negatif yaitu jenis-jenis dampak yang merugikan bila tinjau dari segi lingkungan, seperti pencemaran lingkungan, kerusakan lingkungan, atau menurunnya potensi sumber daya alam.

Berdasarkan dampak negatif dan positif yang dirasakan maka hubungan antara masyarakat dan pengusaha industri dapat ditandai dengan adanya sikap dan respon dari kedua belah pihak. Berdasarkan pernyataan tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa sikap akan muncul setelah adanya respon yang positif atau negatif yang menjadi dasar untuk melakukan suatu tindakan. Sikap adalah kecenderungan seseorang untuk memberi reaksi dalam bentuk emosi maupun perbuatan terhadap gejala atau obyek yang dihadapi (Krech dan Crutchfield, 1982). Soetarno (2004), menyatakan bahwa sikap adalah pandangan atau perasaan yang disertai kecenderungan untuk bertindak terhadap obyek tertentu, sedangkan menurut Notoatmodjo (2005) sikap adalah respon tertutup seseorang terhadap stimulus atau objek tertentu, yang sudah melibatkan faktor pendapat dan emosi yang bersangkutan (senang-tidak senang, baik-tidak baik, dan sebagainya).

Menurut Azwar (2012) struktur sikap dibedakan atas 3 komponen yang saling menunjang, yaitu (1) komponen kognitif merupakan representasi apa yang dipercayai berisi persepsi, kepercayaan, dan stereotype mengenai sesuatu. Persepsi dan kepercayaan mengenai objek sikap berwujud pandangan (opini) dan sering kali merupakan stereotype atau sesuatu yang telah terpolakan (2) komponen afektif merupakan perasaan yang menyangkut aspek emosional. Reaksi emosional ini banyak ditentukan oleh kepercayaan terhadap suatu objek, yakni kepercayaan suatu objek baik atau tidak baik, bermanfaat atau tidak bermanfaat, dan (3) komponen konatif merupakan aspek kecenderungan berperilaku tertentu sesuai dengan sikap yang dimiliki dan berisi tendensi atau kecenderungan untuk bertindak/ bereaksi terhadap sesuatu dengan cara-cara tertentu dan berkaitan dengan objek yang dihadapinya.

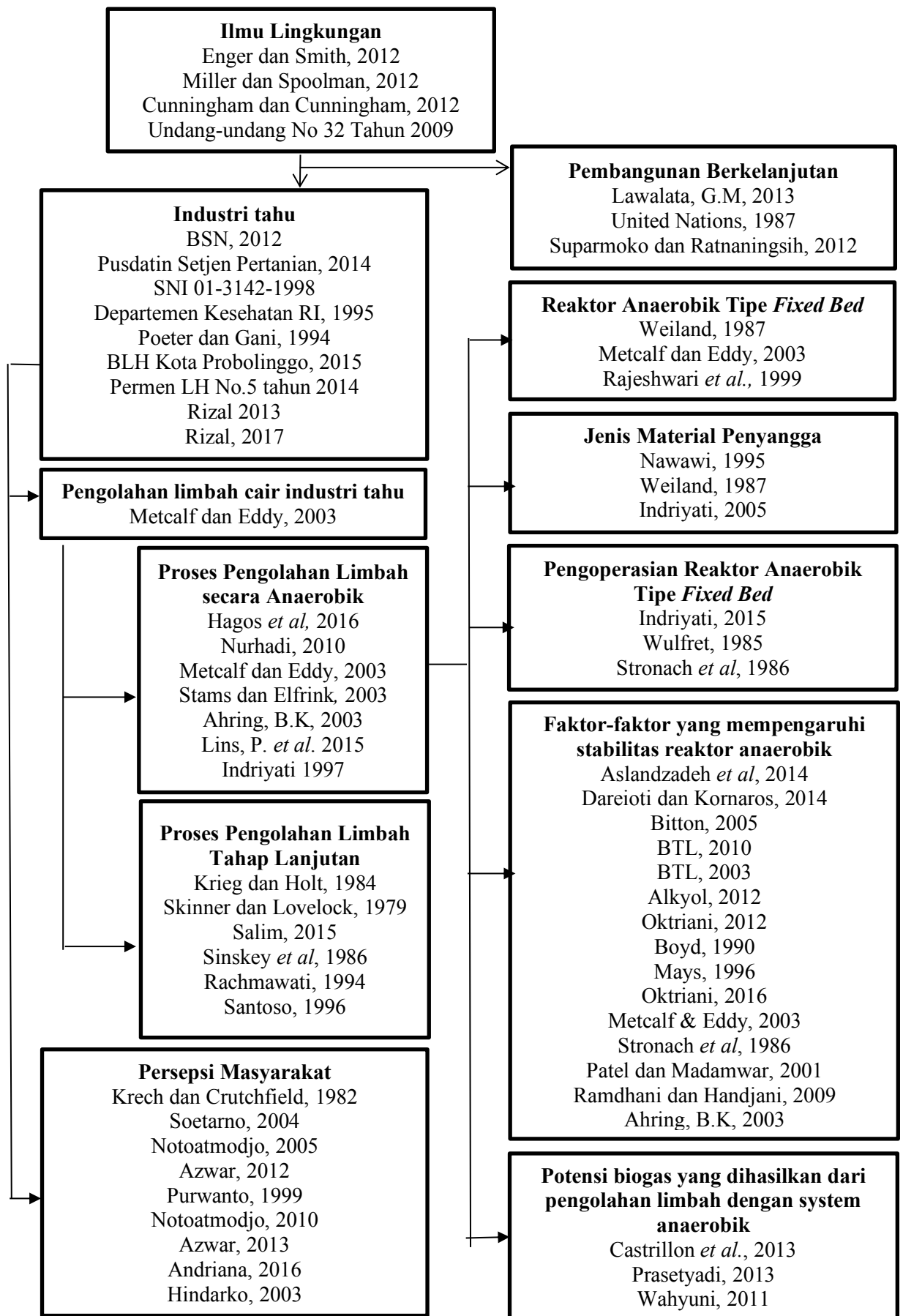
Menurut Purwanto (1999) sikap terdiri atas sikap positif dan negatif, dimana sikap positif memiliki kecenderungan tindakan adalah mendekati, menyenangkan, dan mengharapkan obyek tertentu, sedangkan untuk sikap negatif terdapat kecenderungan untuk menjauhi, menghindari, membenci, dan tidak menyukai obyek tertentu. Berdasarkan karakteristiknya, sikap terbagi menjadi beberapa bagian, diantaranya yaitu sikap dapat berubah-ubah, sikap tidak berdiri sendiri, objek sikap atau kumpulan dari hal-hal tertentu, dan sikap yang terkait dengan motivasi dan perasaan (Purwanto, 1999). Sikap belum otomatis terwujud dalam

suatu tindakan (Notoatmodjo, 2010), sehingga untuk mewujudkan sikap menjadi suatu perubahan nyata diperlukan faktor pendukung atau suatu kondisi yang memungkinkan. Banyak faktor yang memengaruhi pembentukan sikap pada seseorang, diantaranya yaitu pengalaman pribadi, pengaruh orang lain yang dianggap penting, pengaruh kebudayaan, media massa, lembaga pendidikan dan lembaga agama, dan faktor emosional (Azwar, 2013).

Sikap masyarakat terhadap suatu usaha dapat berdampak positif apabila kegiatan tersebut membawa keuntungan, begitupula sebaliknya akan negatif bila merugikan. Salah satu contoh kegiatan usaha yang dapat berdampak langsung kepada masyarakat adalah industri tahu. Industri tahu biasanya termasuk ke dalam golongan industri kecil dan menengah yang dapat ditemui hampir tersebar diseluruh pelosok Indonesia, sehingga keberadaannya banyak ditemui menyatu dengan pemukiman penduduk. Industri tahu menghasilkan limbah cair yang dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan, jika tidak segera ditangani dengan benar maka akan dapat terjadi permasalahan dengan warga sekitar.

Dampak yang biasa dirasakan masyarakat di sekitar industri tahu diantaranya adalah bau yang ditimbulkan oleh limbah cair industri tahu. Pengaruh bau pada masyarakat sekitar tidak hanya terbatas pada efek psikologi saja, tetapi bisa juga menurunkan nafsu makan dan minum, dan menyebabkan nafas sesak, mual, dan muntah (Andriana, 2016). Bau busuk akibat limbah cair di kawasan pemukiman secara ekonomis juga dapat menurunkan kualitas, harga investasi, dan rusaknya harga jual-sewa properti (Hindarko, 2003). Keberadaan industri tahu yang limbah cairnya langsung dibuang ke lingkungan, juga dapat mengakibatkan turunnya kualitas air sungai di sekitar kawasan tersebut. Pencemaran lingkungan akibat limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu dapat berdampak luas terhadap kegiatan masyarakat.

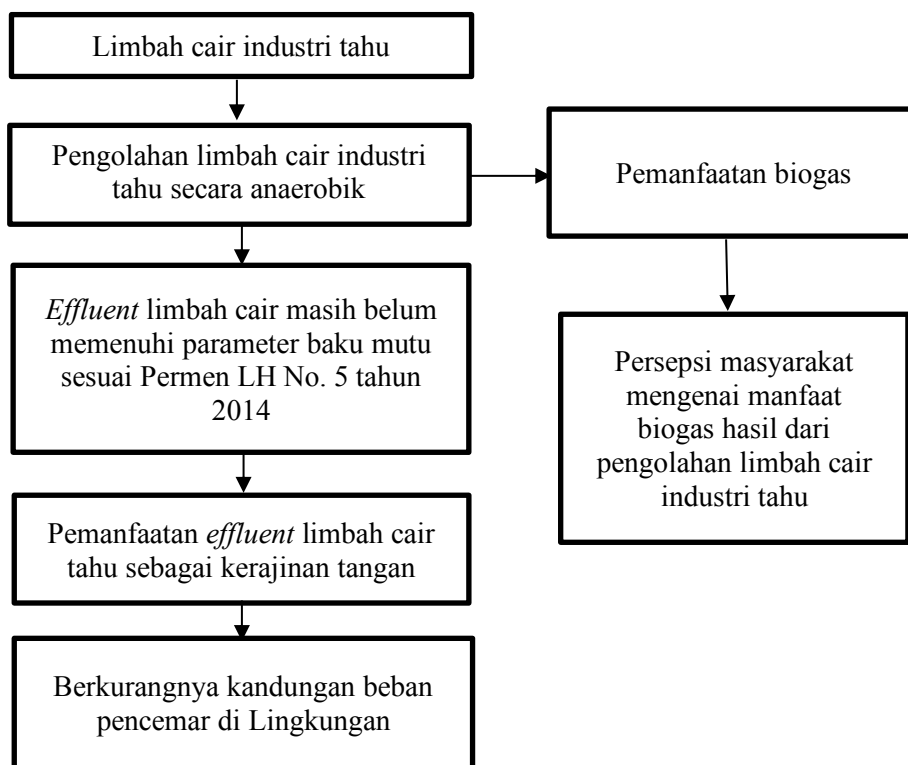
Teori-teori yang telah disebutkan pada bagian sebelumnya yang menjadi dasar dalam penulisan penelitian ini telah dirangkum pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Kerangka Teori

2.2. Kerangka Berpikir

Tingginya kandungan limbah cair organik industri tahu adalah salah satu tantangan bagi para pelaku industri untuk dapat berupaya meminimalisasi dampak limbah yang dapat mencemari lingkungan. Limbah hasil buangan industri yang tidak ditangani dengan baik dapat menimbulkan dampak-dampak negatif dimasa yang akan datang. Teknologi pengolahan limbah cair industri tahu secara anaerobik dan pemanfaatan *effluent* limbah cair anaerobik ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk mengurangi pencemaran limbah yang terjadi di lingkungan akibat industri tahu. Pengurangan beban pencemaran limbah cair industri tahu ini perlu dilakukan kajian secara komprehensif yang ditinjau berdasarkan kajian aspek sosial, ekonomi dan lingkungan. Kerangka berfikir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.7.

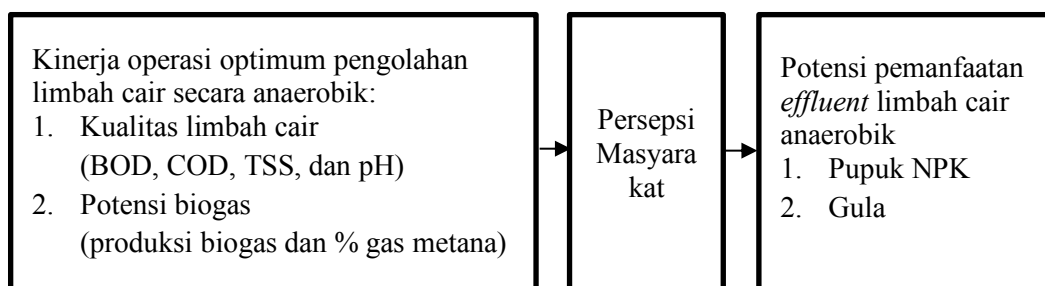


Gambar 2.7. Kerangka Berpikir

2.3 Kerangka Konsep

Kerangka konsep penelitian ini disusun berdasarkan landasan teori yang dihubungkan dengan fokus penelitian. Kerangka konsep akan menjelaskan tentang variabel-variabel yang dapat diukur. Variabel yang akan digunakan pada

penelitian ini ada 3 yaitu manfaat pengolahan limbah cair industri tahu secara anaerobik, persepsi masyarakat dan pemanfaatan *effluent* limbah cair anaerobik. Kinerja operasi optimum pengolahan limbah cair secara anaerobik terbagi menjadi dua sub variable yaitu kualitas air limbah (BOD, COD, TSS, dan pH) dan potensi biogas (produksi biogas dan % gas metana), sedangkan potensi pemanfaatan *effluent* limbah cair anaerobik terbagi menjadi dua sub variable yaitu penambahan nutrient pupuk NPK dan penambahan nutrient gula. Hubungan antara variabel penelitian ini digambarkan pada kerangka konsep penelitian yang dirangkum pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Kerangka Konsep

2.4 Hipotesis

Berdasarkan latar belakang, permasalahan, tujuan dan kerangka konsep penelitian yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, maka hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kinerja optimum pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* dapat mencapai efisiensi sekitar 75-85%,
2. Hasil pengolahan limbah cair tahu memiliki manfaat dan dampak positif kepada masyarakat.
3. *Effluent* limbah cair anaerobik dapat dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini secara umum menggunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif digunakan karena sebagian besar data yang dihasilkan dari penelitian ini adalah nilai dan variabel terukur. Metode penelitian yang digunakan yaitu gabungan antara metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif digunakan untuk mengevaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan yaitu (1) kualitas limbah cair industri tahu dan (2) potensi biogas, serta potensi pemanfaatan *effluent* limbah cair anaerobik. Metode kualitatif digunakan untuk menganalisis persepsi masyarakat tentang manfaat biogas hasil pengolahan limbah cair industri tahu.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi penelitian berada di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan kota Probolinggo, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Lokasi Industri Tahu CV. Proma Tun Saroyyan

Sumber: Google maps, 2018

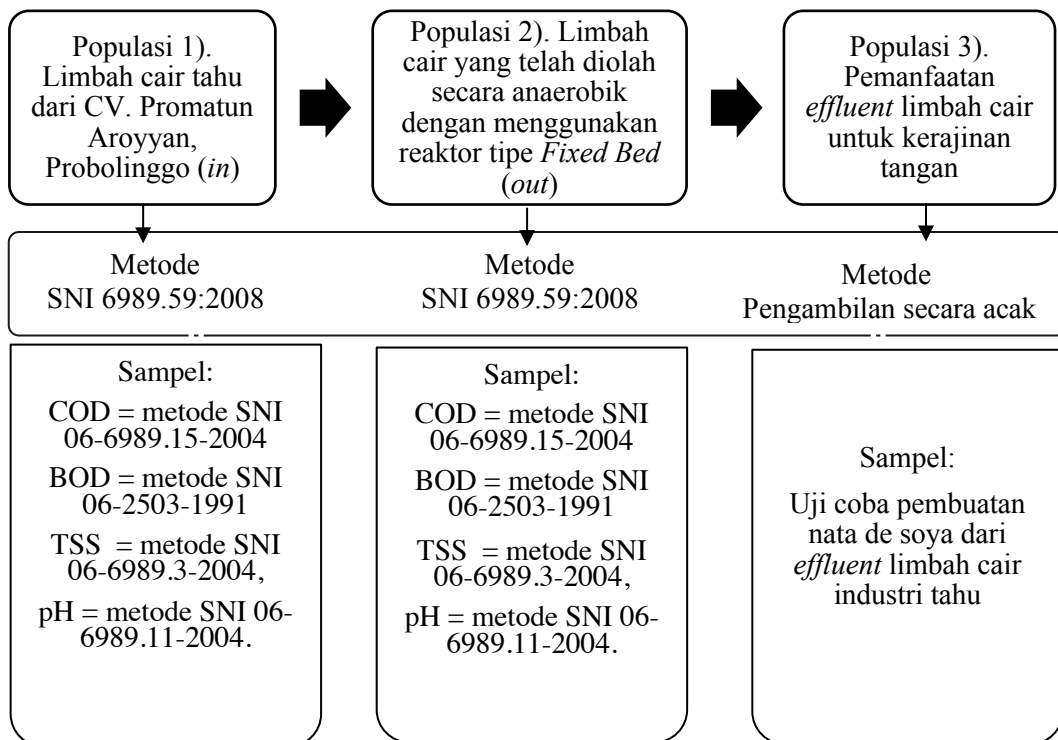
Industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan, JL. Raya Kedung Asem 555/A, RT 2 RW 7, Kelurahan Kedung Asem, Kecamatan Wonoasih, Kota Probolinggo. Berdasarkan letaknya, wilayah pabrik tahu Proma berbatasan langsung dengan sungai besar yang bernama sungai Kedung Asem yang bermuara langsung ke laut. penelitian ini dilakukan selama 5 bulan yaitu mulai dari bulan Desember 2017 sampai dengan bulan April 2018.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah limbah cair industri tahu dan masyarakat.

1. Limbah cair industri tahu

Populasi limbah cair tahu dibagi menjadi 3 diantaranya yaitu 1) Limbah cair tahu dari CV. Promatun Aroyyan, Probolinggo (*in*), 2) *effluent* limbah cair yang telah diolah secara anaerobik dengan menggunakan reaktor tipe *Fixed Bed* (*out*), dan 3) Pemanfaatan *effluent* limbah cair sebagai nata untuk kerajinan tangan.



Gambar 3.2. Populasi dan sampel limbah cair tahu

Populasi limbah cair yang akan diteliti adalah 1) semua limbah cair yang dihasilkan dari industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan, Probolinggo (*in*) dan 2) semua limbah cair yang telah diolah secara anaerobik dengan menggunakan reaktor tipe *fixed bed (out)*. Data kedua sampel limbah cair industri tahu ini adalah data sekunder yang didapat berdasarkan metode gabungan waktu sesuai dengan SNI 6989.59:2008. Metode gabungan waktu adalah metode campuran contoh yang diambil pada waktu yang berbeda dengan volume yang sama. Sampel limbah cair diambil dengan wadah plastik polietilen dan dibawa ke laboratorium untuk dapat diukur kualitas kandungan limbahnya yaitu COD dengan metode SNI 06-6989.15-2004, BOD dengan metode SNI 06-2503-1991, TSS dengan metode SNI 06-6989.3-2004, dan pH dengan metode SNI 06-6989.11-2004. Populasi yang ketiga untuk pemanfaatan *effluent* limbah cair untuk kerajinan tangan adalah seluruh *effluent* limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan limbah industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan, Probolinggo. Sampel limbah yang diperoleh diambil secara acak dan di uji coba untuk pembuatan nata de soya untuk kerajinan tangan.

2. Masyarakat

Populasi masyarakat adalah wanita yang telah menikah, bertempat tinggal disekitar industri tahu Proma berjarak kurang lebih 250 meter, telah menetap lebih dari 5 tahun, dan menggunakan biogas. Para wanita yang telah berkeluarga yang diasumsikan lebih merasakan adanya dampak langsung terhadap penghematan pengeluaran biaya rumah tangga akibat dari pemanfaatan biogas. Metode pengumpulan data ini akan menggunakan instrumen kuesioner yang akan dibagikan kepada masyarakat. Berdasarkan hasil wawancara langsung dengan pemilik pabrik tahu Proma di lapangan, jumlah populasi yang didapat adalah 40 kepala keluarga pengguna biogas. Penentuan jumlah sampel dilakukan dengan rumus Slovin dengan derajat kesalahan 5% (Sugiyono, 2016). Rumus Slovin diuraikan pada persamaan (3.1).

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \dots\dots\dots(3.1)$$

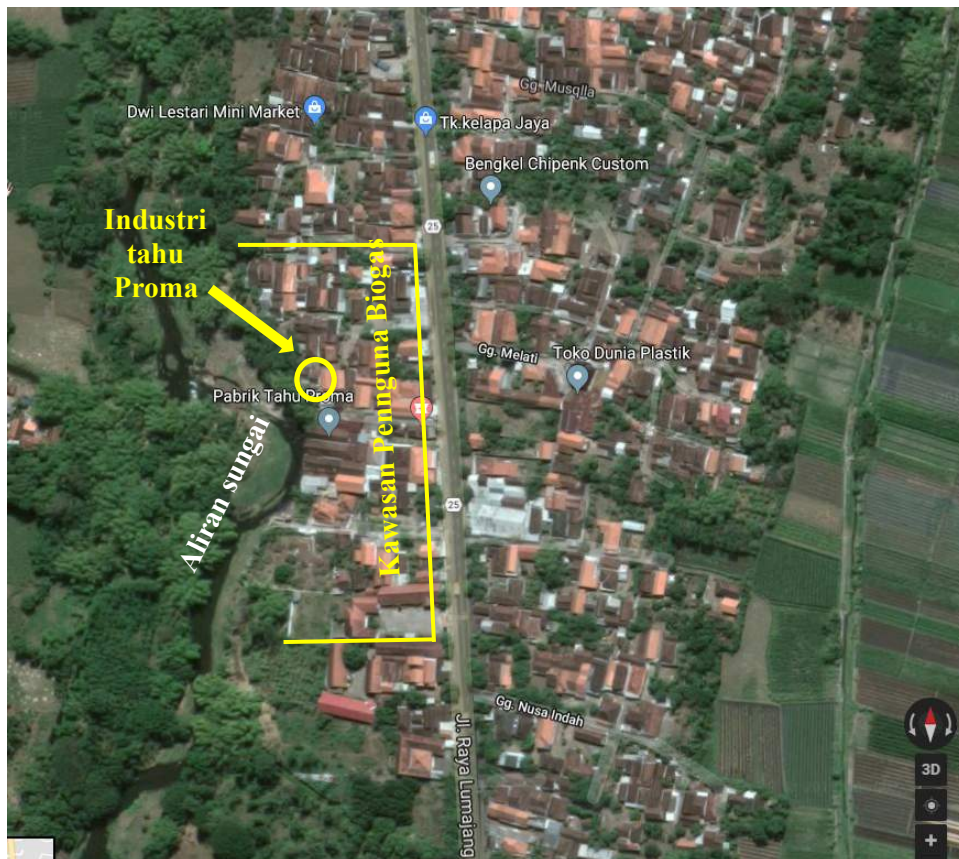
Keterangan:

N = Jumlah Populasi

n = Jumlah sampel

e = batas toleransi kesalahan

Berdasarkan kriteria tersebut, maka jumlah sampel responden yang didapat adalah 36 orang. Jumlah sampel tersebut akan ditambahkan 5% dari jumlah sampel untuk mengantisipasi apabila terdapat data yang tidak baik dalam riset, sehingga total jumlah sampel pada riset ini sebesar 38 orang. Daerah penelitian tempat pengambilan data kuesioner dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Peta Masyarakat penerima biogas

Sumber : Google earth, 2018

3.4 Variabel Penelitian

Jumlah variable terbagi menjadi 3 kategori yaitu:

- 1) kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair organik tahu
 - a. Kulit air limbah

- i. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)
 - ii. COD (*Chemical Oxygen Demand*)
 - iii. TSS (*Total Suspended Solid*)
 - iv. pH
 - b. Potensi biogas
 - i. Produksi biogas perhari
 - ii. Persentase gas metana perhari
- 2) Persepsi masyarakat
- 3) Potensi pemanfaatan *effluent* limbah cair tahu menjadi nata.
 - a. Variasi penambahan nutrient gula
 - b. Variasi penambahan nutrient pupuk NPK.

Ringkasan jenis organik dan Definisi Operasional Variabel dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Definisi Operasional Variabel

No	Variabel	Definisi Operasional Variabel	Satuan	Alat Ukur
1	Kualitas limbah cair industri tahu			
	1) COD	adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimiawi dalam 1 liter contoh uji, dimana kalium dikromat sebagai oksidator	mg/l	Spektrofotometer
	2) BOD	adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat-zat organik secara biokimia dalam 1 liter air selama pengeringan 5x24 jam pada suhu 20 ⁰ C	mg/l	Titrimetri
	3) TSS	adalah padatan yang terlarut setiap 1 liter limbah cair	mg/l	Spektrofotometer
	4) pH.	Adalah besaran yang menyatakan banyaknya ion H ⁺ . Ukuran pH adalah 1-14. Ukuran pH = 7 artinya bersifat netral, jika pH di bawah 7 artinya bersifat asam dan jika pH di atas 7 maka bersifat basa.		pH meter
2	Potensi Biogas			
	1) Biogas	adalah seluruh gas yang dihasilkan dari aktivitas anaerobik	Liter	Gas Flow Meter
	2) Metana	adalah salah satu hidrokarbon sederhana dengan bentuk gas yang dihasilkan dari aktivitas anaerobik	Persen (%)	methane analyzer

Tabel 3.1 Definisi Operasional Variabel (lanjutan)

No	Variabel	Definisi Operasional Variabel	Satuan	Alat Ukur
3	Persepsi masyarakat	adalah tanggapan masyarakat mengenai manfaat pengolahan limbah cair industri tahu	Orang	Proses wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner
4	Potensi pemanfaatan <i>effluent</i>			
	1) Pupuk NPK	Adalah nutrient organik yang tersusun dari unsur nitrogen, fospat, dan kalium	Persen (%)	Timbangan
	2) Gula	Adalah nutrient organik yang berguna untuk menambahkan unsur karbon dalam limbah	Persen (%)	Timbangan

3.5 Data Penelitian

Data penelitian ini terbagi atas pengumpulan data, selanjutnya pengolahan data, analisis data, dan penarikan kesimpulan.

3.5.1 Pengumpulan data

Sumber data didapat dengan melalui pengumpulan data sekunder dan primer.

1. Data Primer

Data primer yang didapat adalah:

- 1) Data hasil perhitungan porositas material penyangga pada pengolahan secara anaerobik dengan menggunakan reaktor tipe *Fixed Bed* dan bambu sebagai material penyangga;
- 2) Data hasil perhitungan persentase efisiensi penurunan COD, BOD, dan TSS dari limbah cair tahu yang diolah dengan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed*;
- 3) Data hasil perhitungan waktu tinggal limbah cair tahu di dalam reaktor
- 4) Data dari kinerja optimum pengolahan limbah cair tahu secara anaerobik dapat dihitung volume gas metana yang dihasilkan dalam 1 g COD limbah cair tahu;
- 5) Data hasil dari proses wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner kepada masyarakat mengenai manfaat pengolahan limbah industri tahu;

- 6) Hasil perhitungan penghematan bahan bakar LPG di setiap rumah tangga;
- 7) Data hasil perbandingan penambahan nutrient dalam bentuk pupuk NPK dan gula untuk potensi pemanfaatan *effluent* limbah cair tahu yaitu ketebalan nata
- 8) Data hasil wawancara mengenai pembangunan berkelanjutan potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair secara anaerobik sebagai kerajinan tangan.

2. Data sekunder

Data sekunder yang didapat adalah:

- 1) Data volume total reaktor dan volume kerja reaktor yang didapatkan dari dokumen teknis BPPT tahun 2015;
- 2) Data kualitas limbah cair industri tahu (COD, BOD, TSS, pH) sebelum diolah dan setelah diolah dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* yang didapatkan dari uji laboratorium UPT. Laboratorium Lingkungan BLH Kota Probolinggo tahun 2015;
- 3) Data potensi biogas yang terdiri atas produksi biogas perhari dan persentase kandungan gas metana dalam biogas, yang didapatkan dari dokumen teknis BPPT tahun 2015;
- 4) Pencarian studi literatur tentang persyaratan standar baku mutu air limbah;

Ringkasan dari data, jenis data, metode pengumpulan data, dan sumber data dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Data, jenis data, metode pengumpulan data, dan sumber

No	Data	Jenis	Metode pengumpulan	Sumber
1	COD	Sekunder	Uji laboratorium, perhitungan efisiensi, dan studi literatur	Limbah cair industri tahu sebelum diolah dan setelah diolah secara anaerobik
2	BOD	Sekunder	Uji laboratorium, perhitungan efisiensi, dan studi literatur	Limbah cair industri tahu sebelum diolah dan setelah diolah secara anaerobik
3	TSS	Sekunder	Uji laboratorium, perhitungan efisiensi, dan studi literatur	Limbah cair industri tahu sebelum diolah dan setelah diolah secara anaerobik

**Tabel 3.2. Data, jenis data, metode pengumpulan data, dan sumber
(lanjutan)**

No	Data	Jenis	Metode pengumpulan	Sumber
4	pH	Sekunder	Uji laboratorium dan studi literatur	Limbah cair industri tahu sebelum diolah dan setelah diolah secara anaerobik
5	Efisiensi pengolahan limbah secara anaerobik	Primer	Perhitungan	Limbah cair industri tahu yang diolah secara anaerobik
6	Volume total reaktor	Sekunder	Dokumen Teknis BPPT tahun 2015	Reaktor anaerobik tipe <i>Fixed Bed</i>
7	Volume kerja reaktor	Sekunder	Dokumen Teknis BPPT tahun 2015	Reaktor anaerobik tipe <i>Fixed Bed</i>
8	Porositas material penyangga	Primer	Perhitungan	Reaktor anaerobik tipe <i>Fixed Bed</i>
9	Waktu tinggal	Primer	Perhitungan	Limbah cair industri tahu yang masuk ke dalam reaktor perhari
10	Persyaratan standar BMAL	Sekunder	Studi literatur	Permen LH No.5 tahun 2014
11	Produksi Biogas	Sekunder	Dokumen Teknis BPPT tahun 2015	Pengolahan limbah dengan reaktor anaerobik tipe <i>Fixed Bed</i>
12	Persen Gas metana	Sekunder	Dokumen Teknis BPPT tahun 2015	Pengolahan limbah dengan reaktor anaerobik tipe <i>Fixed Bed</i>
13	Volume gas metana dalam 1 g COD	Primer	Perhitungan	Data kinerja optimum pengolahan limbah secara anaerobik
14	Penghematan bahan bakar LPG	Primer	Proses wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner dan Perhitungan	Masyarakat pengguna biogas dari limbah tahu

**Tabel 3.2. Data, jenis data, metode pengumpulan data, dan sumber
(lanjutan)**

No	Data	Jenis	Metode pengumpulan	Sumber
15	Persepsi masyarakat	Primer	Kuesioner	Masyarakat pengguna biogas dari limbah tahu
16	Perbandingan penambahan nutrient gula dan pupuk NPK	Primer	Pengujian skala laboratorium	<i>Effluent</i> limbah cair dari hasil sisa pengolahan limbah secara anaerobik
17	Pembangunan berkelanjutan potensi pemanfaatan <i>effluent</i> menjadi kerajinan tangan	Primer	Wawancara	Pemilik industri tahu Proma dan BLH Kota Probolinggo

3.5.2 Pengolahan data

Setelah pengumpulan data primer maupun data sekunder maka tahap selanjutnya adalah pengolahan data. Pengolahan data diperoleh dari:

1. Data kualitas air limbah industri tahu pengolahan secara anaerobik (BOD, COD, TSS, dan pH) yang diperoleh melalui uji di laboratorium UPT. Laboratorium Lingkungan BLH Kota Probolinggo
2. Perhitungan persentase efisiensi BOD, COD, dan TSS dari pengolahan limbah secara anaerobik
3. Persentase porositas material penyangga
4. Perhitungan waktu tinggal limbah cair tahu di dalam reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed*
5. Data potensi biogas yang terdiri atas produksi biogas perhari dan persentase kandungan gas metana di dalam biogas yang dihasilkan dari pengolahan limbah secara anaerobik
6. Penghematan pembelian bahan bakar LPG oleh masyarakat pengguna biogas hasil dari pengolahan limbah secara anaerobik;
7. Data hasil proses wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner
8. Data hasil potensi pemanfaatan *effluent* limbah cair tahu diperoleh dengan cara melakukan pengujian skala laboratorium, yaitu penambahan nutrient gula dan pupuk NPK dengan konsentrasi berbeda ke dalam *effluent* limbah cair

tahu hasil dari pengolahan anaerobik. Perbedaan penambahan nutrient akan menghasilkan perbedaan ketebalan nata. Variasi kombinasi nutrient yang ditambahkan ke dalam *effluent* limbah cair tahu diantaranya adalah:

- a. C1N1 : Gula 15% + NPK 0,3%
- b. C1N2 : Gula 15% + NPK 0,5%
- c. C1N3 : Gula 15% + NPK 0,7%
- d. C2N1 : Gula 30% + NPK 0,3%
- e. C2N2 : Gula 30% + NPK 0,5%
- f. C2N3 : Gula 30% + NPK 0,7%

9. Data hasil proses wawancara mengenai pembangunan berkelanjutan potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair secara anaerobik sebagai kerajinan tangan

Pengolahan data meliputi:

1. Data kualitas limbah cair industri tahu yang diolah secara anaerobik akan diolah dengan statistik sederhana dalam bentuk grafik dan diuraikan secara deskriptif untuk mengetahui kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed*.

2. Perhitungan persentase efisiensi BOD, COD, dan TSS.

Rumus % efisiensi penurunan COD:

$$\% \text{ Efisiensi COD} = \left(\frac{COD_{in} - COD_{out}}{COD_{in}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Rumus % efisiensi penurunan BOD:

$$\% \text{ Efisiensi BOD} = \left(\frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

Rumus % efisiensi penurunan TSS:

$$\% \text{ Efisiensi TSS} = \left(\frac{TSS_{in} - TSS_{out}}{TSS_{in}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

3. Perhitungan persentase material penyangga.

Rumus % porositas material penyangga:

$$\% \text{ Porositas material penyangga} = \left(\frac{\text{volume kerja reaktor}}{\text{volume total reaktor}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

4. Data potensi biogas terdiri atas produksi biogas perhari dan persentase kandungan gas metana didalam biogas akan diolah dengan statistik sederhana dalam bentuk grafik.

5. Perhitungan jumlah liter gas metana dalam 1 g COD.

Rumus perhitungan metana (liter):

$$\text{Metana (liter)} = \left(\frac{\text{produksi biogas (liter)} \times \text{gas methan (\%)}}{\text{umpan (liter)} \times \text{beban COD (mg/l)}} \right) \times 1000 \dots\dots\dots (3.6)$$

6. Perhitungan waktu tinggal limbah cair tahu di dalam reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* sesuai pengamatan.

Rumus Waktu Tinggal (Hari):

$$\text{Waktu Tinggal (Hari)} = \left(\frac{\text{volume kerja reaktor (liter)}}{\text{volume pengisian umpan limbah cair tahu } \left(\frac{\text{liter}}{\text{hari}} \right)} \right) \dots\dots(3.7)$$

7. Perhitungan teoritis volume biogas.

Rumus volume biogas teoritis (Boursier, 2003):

$$\text{Volume Biogas teoritis (m}^3\text{)} = P_s \times Q \times \text{COD}_{\text{reduced}} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

P_s : Produksi gas spesifik (L/kg), dapat dilihat pada grafik hubungan antara temperatur dengan produksi gas.

Nilai $P_s = 0,625 \text{ kg/m}^3$, pada suhu 30°C .

8. Penghematan bahan bakar LPG.

Penghematan bahan bakar LPG akan diolah dengan perhitungan sederhana yaitu penggunaan LPG perbulan sebelum menggunakan biogas dikurangi dengan penggunaan LPG perbulan setelah menggunakan biogas

9. Data hasil proses wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner mengenai persepsi masyarakat akan diolah dengan menggunakan statistik sederhana dalam bentuk grafik dan diuraikan secara deskriptif.

10. Data hasil potensi pemanfaatan *effluent* limbah cair tahu menjadi data akan diukur ketebalannya

11. Data hasil proses wawancara mengenai pembangunan berkelanjutan potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair secara anaerobik sebagai kerajinan tangan diolah secara deskriptif

3.5.3 Analisis data

Hasil pengolahan data yang didapat, kemudian dianalisis dengan menggunakan metode analisis kuantitatif dan kualitatif. Data kualitas limbah cair yang diperoleh dari hasil evaluasi kinerja operasi sistem pengolahan limbah cair dengan

menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* dihitung dan dianalisis sehingga kinerja operasi optimum dapat diketahui.

Tahap selanjutnya adalah data hasil proses wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner kepada masyarakat pengguna biogas yang diperoleh akan dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Demikian juga analisis data dilakukan dengan melalui hasil perbandingan penambahan nutrient ke dalam *effluent* limbah cair selanjutnya akan di analisis secara kuantitatif dan diukur masing-masing hasil ketebalan natanya dan selanjutnya dilakukan proses wawancara akhir kepada pemilik industri tahu dan BLH Kota Probolinggo yang akan diuraikan secara deskriptif untuk menyesuaikan teori pembangunan berkelanjutannya.

3.5.4 Penyajian data

Semua data yang telah dianalisis akan disajikan dalam bentuk narasi deskriptif, tabel, grafik, gambar, dan peta dengan tujuan memudahkan pembaca untuk memahami penelitian ini. Penyajian narasi deskriptif akan menggunakan kata atau kalimat yang jelas, tegas dan ringkas.

3.5.5 Interpretasi data

Hasil analisis akan digunakan untuk penarikan kesimpulan sesuai tujuan masalah. Proses terakhir adalah interpretasi data yaitu memaknai hasil analisis data yang telah tersedia untuk dituangkan ke dalam laporan tesis.

3.5.6 Metode analisis Penelitian

Analisis penelitian berdasarkan tujuan penelitian terdapat tiga analisis yaitu mengevaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan, menganalisis persepsi masyarakat tentang manfaat biogas hasil pengolahan limbah cair industri tahu, dan pengembangan potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair secara anaerobik sebagai kerajinan tangan, dan ketiga metode analisis penelitian tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Mengevaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan

Evaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan ini dibagi menjadi dua variable yaitu Kualitas limbah cair (BOD, COD, TSS, dan pH) dan potensi biogas (produksi harian biogas dan % gas metana dalam biogas). Analisis evaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan tersebut menggunakan metode statistik sederhana dalam bentuk grafik dan diuraikan secara deskriptif.

2. Menganalisis persepsi masyarakat tentang manfaat biogas hasil pengolahan limbah cair industri tahu

Analisis persepsi masyarakat dilakukan melalui proses wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner kepada masyarakat penerima biogas. Hasil kuesioner tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel yang telah di persentasikan jumlahnya. Data hasil wawancara selanjutnya akan diuraikan secara deskriptif untuk mengetahui gambaran dan kondisi para responden pengguna biogas terhadap lingkungan disekitarnya.

3. Pengembangan potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair secara anaerobik sebagai kerajinan tangan

Potensi pemanfaatan *effluent* limbah cair anaerobik ini dimaksudkan agar *effluent* limbah cair yang dihasilkan dapat di ubah bentuk menjadi padatan nata lalu dikeringkan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan. Potensi pemanfaatan *effluent* limbah cair anaerobik dibagi menjadi dua variable yaitu penambahan nutrient pupuk NPK dan penambahan nutrient gula sehingga diperoleh kondisi ketebalan nata terbaik. Campuran tersebut dipanaskan dan diaduk hingga homogen. Subtrat yang telah bercampur rata dengan nutrient maka selanjutnya di didinginkan pada suhu ruang, ditempat yang steril. Subtrat yang sudah mencapai suhu ruang selanjutnya di tambahkan bakteri *Acetobacter Xylinum* sebanyak 10% dari total substrat limbah yang akan digunakan, dan di

inkubasi selama 14 hari. Analisis potensi pemanfaatan *effluent* limbah cair anaerobik sebagai kerajinan tangan tersebut menggunakan metode uji coba skala laboratorium. Ketebalan nata yang dihasilkan dari beberapa variable penambahan nutrient akan dibandingkan dan diukur dengan menggunakan penggaris. Data hasil ketebalan nata selanjutnya akan tersebut akan disajikan dengan menggunakan metode statistik sederhana dalam bentuk tabel dan diuraikan secara deskriptif.

Data maksimum potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair secara anaerobik sebagai kerajinan tangan yang telah diperoleh akan didiskusikan kepada pemilik industri tahu dan BLH Kota Probolinggo sebagai tahap proses pembangunan berkelanjutan dan hasil wawancara akan diuraikan secara deskriptif Berdasarkan uraian ketiga tujuan pada paragraf sebelumnya yang telah disesuaikan dengan metode analisis penelitian yang digunakan masing-masing, maka matriks kesesuaian tujuan dan metode penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Matriks kesesuaian tujuan dan metode Penelitian

No	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian
1	Mengevaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe <i>Fixed Bed</i> di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan	Perhitungan dan analisis data diolah dengan statistik sederhana dalam bentuk grafik dan diuraikan secara deskriptif
2	Menganalisis persepsi masyarakat tentang manfaat biogas hasil pengolahan limbah cair industri tahu	Proses wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner kepada masyarakat penerima biogas
3	Pengembangan potensi pemanfaatan <i>effluent</i> hasil pengolahan limbah cair secara anaerobik sebagai kerajinan tangan	Melakukan uji coba pembuatan nata dari <i>effluent</i> limbah cair anaerobik diolah dengan statistik sederhana dalam bentuk tabel dan diuraikan secara deskriptif, serta melakukan proses wawancara kepada pemilik tahu dan BLH Kota Probolinggo sebagai proses pembangunan berkelanjutan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Wilayah Riset

Penelitian ini dilakukan pada salah satu Industri Kecil Menengah (IKM) di kota Probolinggo, tepatnya di CV. Proma Tun Saroyyan. Produk yang dihasilkan dari IKM CV. Proma Tun Saroyyan berupa makanan (tahu) dengan bahan baku utama menggunakan kacang kedelai. Kapasitas pengolahan sekitar 630 kg kedelai per hari. Industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan mempekerjakan 24 orang karyawan untuk mengolah kedelai menjadi tahu dan produk tahu yang dihasilkan dibawa langsung oleh pedagang dengan daerah pemasaran Kota Probolinggo dan sekitarnya. Waktu kerja CV. Proma Tun Saroyyan dimulai dari 09.00 sampai dengan jam 13.00. Industri tahu Proma mempunyai visi yaitu memelihara makanan tradisional Indonesia, dan untuk mewujudkan visi tersebut maka CV. Proma Tun Saroyyan memiliki misi dalam menjalankan usahanya yaitu dengan menjaga kualitas pangan dan menjadikan masyarakat hidup sehat, membuka lapangan pekerjaan dan berusaha meningkatkan taraf hidup masyarakat, menjalankan konsistensi usaha untuk mendapatkan keuntungan. Industri Tahu Proma beralamat di Jl. Raya Lumajang Kedungasem no. 555 A Probolinggo Jawa Timur. Lokasi tempat usaha industri tahu PROMA ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan

Pada awalnya industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan didirikan pada tahun 1983 oleh Bapak Yono Yuliyanto dengan nama perusahaan UD. PROMA. Nama PROMA diambil berdasarkan kata (PRObolinggo–MAlang), dimana Probolinggo sebagai tempat usaha dan Malang sebagai tempat belajar seluk beluk usaha pengolahan tahu (pencarian bahan baku, pengolahan, manajemen, pemasaran, dan lain-lain). Pada awalnya kapasitas industri tahu Proma hanya mencapai 10 kg kedelai per hari dan proses pengolahan tahu seluruhnya dilakukan secara manual serta pemasarannya dilakukan sendiri oleh keluarga.

Pada pertengahan tahun 1984 jumlah kapasitas pengolahan industri tahu Proma ditingkatkan menjadi 50 kg per hari dan proses pengolahannya sudah menggunakan peralatan bertenaga listrik seperti pompa air, gilingan dan perebusannya menggunakan ketel/boiler. Sejak menggunakan peralatan mekanik pada tahun 1997 jumlah produksi tahu terus selalu mengalami peningkatan. Pada tahun 2005, industri tahu Proma terjadi perubahan ijin usaha dari UD. PROMA menjadi CV. Proma Tun Saroyyan dengan Tanda Daftar industri Nomor: 00004/13-10/TDI/I/X/2005. Pada tahun 2008, CV. Proma Tun Saroyyan telah mendapatkan Surat Ijin Gangguan atau biasa juga disebut Hinderordonnantie (HO) dengan nomor surat: 503/242/425.202/2008, sedangkan untuk Surat Ijin (SIUP) didapat pada tahun 2012 dengan nomor surat: 291/13-10/SIUP-K/IX/2012.

Tahapan proses pengolahan kacang kedelai menjadi tahu yang dilakukan di industri tahu PROMA dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pemilihan dan Pembersihan Kacang Kedelai

Kedelai dipilih dari kualitas yang terbaik kemudian kedelai ditimbang sesuai dengan per unit produksi. Satu unit produksi dapat menampung 18 kg kacang kedelai, dan dalam waktu satu hari pabrik tahu Proma kurang lebih dapat memasak sebanyak 35 kali atau sekitar 630 kg kedelai per hari. Biji kedelai yang telah ditimbang kemudian dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran seperti kerikil, butiran tanah, kulit, ataupun batang kedelai.

2. Perendaman dan Pencucian

Kacang kedelai kemudian direndam didalam bak yang terbuat dari bangunan bata dan semen berisi air selama kurang lebih 1 jam. Fungsi perendaman ini bertujuan agar kacang kedelai dapat mengembang sehingga kulitnya mudah dikelupas. Kacang kedelai yang sudah mengembang kemudian di cuci dengan air bersih sehingga terlepas dengan kulit ari kedelainya. Pencucian kacang kedelai juga berguna untuk menyotir biji kedelai yang tidak bagus, kedelai yang tidak bagus biasanya berwarna hitam, kisut dan mengambang ketika dicuci.

3. Penggilingan kacang kedelai

Setelah proses perendaman selesai, kacang kedelai dicuci bersih dengan air mengalir lalu dilakukan penggilingan menggunakan mesin penggiling kacang kedelai hingga menjadi bubur kedelai dengan menambahkan air yang mengalir. Hasil gilingan kacang kedelai tersebut berupa bubur halus yang akan mengalir ke dalam tong penampung.



Gambar 4.2 Kacang kedelai bersih



Gambar 4.3 Penggilingan

4. Perebusan

Hasil gilingan kacang kedelai yang ada didalam tong penampung kemudian dipindahkan ke dalam bak perebusan. Kacang kedelai yang sudah menjadi bubur selanjutnya direbus hingga mendidih kurang lebih selama 10 menit.



Gambar 4.4. Perebusan

5. Penyaringan pati kacang kedelai.

Setelah mendidih, bubur kacang kedelai tersebut disaring dengan kain belacu/mori kasar segi empat yang kemudian digoyang-goyangkan dengan menggunakan mesin. Penyaringan dilakukan berulang kali agar diperoleh sari kedelai yang optimal. Hasil utama dari proses penyaringan ini adalah sari pati kacang kedelai dan hasil sampingnya adalah ampas kacang kedelai. Ampas kacang kedelai hasil penyaringan tersebut dapat diperas kembali dengan menyiramkan air dingin, hal tersebut dilakukan sampai ampas kacang kedelai tidak mengandung sari pati kacang kedelai lagi. Sari pati kacang kedelai ditampung dalam bak pengumpulan, sedangkan ampas sari kacang kedelai dimasukan ke dalam wadah tersendiri atau karung untuk dijual sebagai pakan ternak.



Gambar 4.5 Penyaringan



Gambar 4.6 Ampas kacang kedelai

6. Penggumpalan

Penggumpalan sari pati kacang kedelai dilakukan dengan mencampurkan asam cuka secara perlahan ke dalam air hasil saringan kedelai yang tertampung dalam tong, lalu diaduk agar cairan asam cuka tersebut merata penyebarannya. Penambahan asam cuka inilah yang akan menyebabkan terjadinya penggumpalan. Cairan kedelai yang semula berwarna putih susu akan pecah dan di dalamnya terbentuk butiran-butiran protein yang akhirnya akan bergabung membentuk gumpalan dan mengendap ke dasar bak. Gumpalan putih dari sari pati kacang kedelai yang mulai mengendap itulah yang akan dicetak menjadi tahu.



Gambar 4.7 Penggumpalan sari pati kacang kedelai

7. Pengepresan dan Pencetakan

Jika gumpalan tahu sudah mulai mengendap, segera tuangkan ke dalam alat pencetak tahu berukuran 50 cm x 50 cm x 7 cm yang telah alasi dengan kain kasa. Cetakan tahu tersebut disusun hingga mencapai 8 tumpukan. Setelah beberapa lama posisi susunan cetakan dibalik, yang awalnya posisi cetakan tahu dari pertama sampai dengan delapan, lalu diubah menjadi cetakan tahu kedelapan sampai dengan cetakan pertama. Hal tersebut bertujuan agar terjadi pemerataan penekanan pada proses pencetakan tahu. Pemerataan penekanan ini adalah proses pengepresan yang dapat membuat tahu menjadi lebih padat.



Gambar 4.8 Proses pengepresan tahu



Gambar 4.9 Limbah cair hasil pengepresan

8. Pemotongan

Tahu dikeluarkan dari cetakan dan kain kasa sebagai pembungkus tahu tersebut, selanjutnya tahu dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Tahu yang telah dipotong akan dikumpulkan di dalam tempat /bak plastik dan siap untuk dijual.

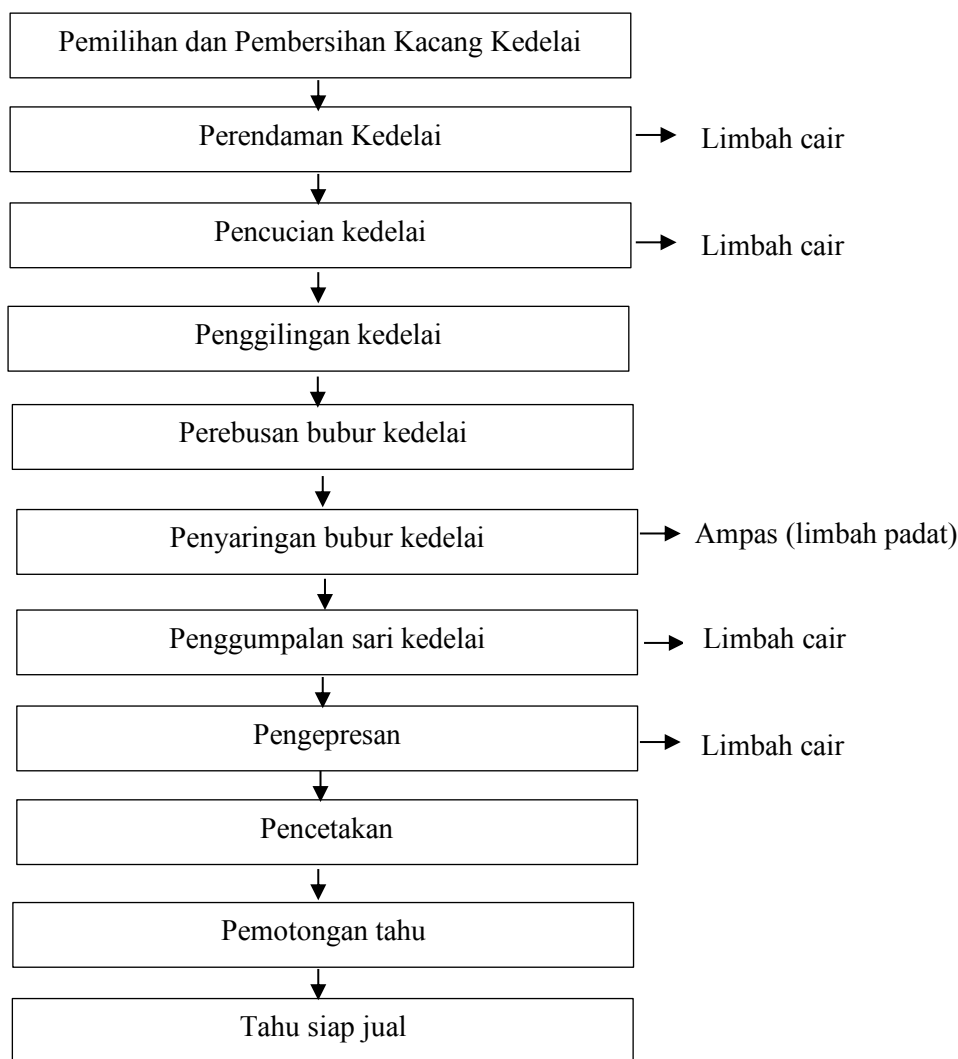


Gambar 4.10 Proses pemotongan tahu



Gambar 4.11 bak plastik/tempat untuk tahu yang sudah dipotong

Secara ringkas alur tahapan proses pembuatan tahu di CV. Proma Tun Saroyyan dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Alur tahapan proses pembuatan tahu

Berdasarkan pada proses pembuatan tahu di CV. Proma Tun Saroyyan, maka sebagian besar limbah yang dihasilkan adalah limbah padat dan limbah cair, sedangkan limbah gas yang dihasilkan berasal dari limbah cair industri tahu yang membusuk oleh mikroba alam sehingga muncul timbul bau busuk dari gas H_2S . Hasil penelitian Gemardi dan Marbun (2017) menyatakan bahwa dalam 1 hari debit limbah cair yang dihasilkan oleh Pabrik tahu Proma adalah $5\text{ m}^3/\text{hari}$ dengan kapasitas kurang lebih 700 kg kedelai yang diperoleh dengan melalui metode tampung. Berdasarkan pernyataan tersebut, maka dapat dihitung bahwa 1 kg kedelai menghasilkan 7,14 liter limbah cair/hari atau lebih kecil dari pada penelitian Fardiaz (1998) menyatakan bahwa satu kilogram kedelai yang digunakan dalam pembuatan tahu akan menghasilkan 8 liter limbah cair tahu.

Oleh karena itu berdasarkan jumlah limbah cair yang dihasilkan sudah mencapai minimum, maka fokus penelitian ini adalah diperlukan adanya pengolahan dan pemanfaatan untuk limbah cair tersebut.

Limbah cair hasil produksi tahu Proma, dahulunya sebelum adanya pengolahan limbah, limbah cair tahu dibuang langsung ke sungai yang berada dibelakang pabrik sehingga menimbulkan dampak pencemaran. Pencemaran bau akibat pembusukan tersebut semakin terasa oleh masyarakat ketika musim kemarau tiba. Hal inilah yang menimbulkan adanya protes warga kepada pemilik industri tahu untuk mengolah limbahnya sebelum dibuang ke sungai.



Gambar 4.13. Saluran pembuangan limbah cair tahu di industri tahu Proma yang langsung menuju sungai

Adanya protes warga mengenai pencemaran bau yang ditimbulkan akibat pembusukan bahan organik pada limbah cair tahu yang belum dimanfaatkan membuat pemilik tahu Proma saat itu yang bernama Bapak Sidiq berusaha untuk mengolah limbahnya dengan menggunakan dana pribadi. Awalnya pengolahan limbah ini bertujuan untuk menghilangkan bau yang dihasilkan dari limbah cair industri tahu, sehingga berkurang dampaknya kepada warga sekitar. Teknologi pengolahan yang diterapkan pertama kali adalah teknologi hasil konsultasi pemilik pabrik dengan Dinas Kesehatan, yaitu dengan cara menggunakan kolam-kolam yang berisi arang, batu kapur, dan gamping, namun pada kenyataannya bau

yang dihasilkan tidak berkurang dan semakin bertambah akibat adanya pengendapan pada dasar-dasar kolam.

Beranjak dari hal tersebut, Dinas Kebersihan dan Lingkungan Hidup berkontribusi memberikan dana untuk membantu mengolah limbah cair industri tahu ProMa. Teknologi yang digunakan adalah fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan air didalam bak berukuran 1,5 x 10 m. Teknologi ini hanya bertahan 1 tahun, dikarenakan limbah cair tahu yang dihasilkan masih memiliki suhu yang panas sehingga menyebabkan tumbuhan air tidak dapat bertahan hidup dari suhu panas limbah cair industri tahu yang dihasilkan. Dua tahun setelah pemasangan teknologi fitoremediasi tersebut, Dinas Lingkungan Hidup kembali memberikan dana untuk membuat teknologi pengolahan limbah dengan sistem anaerobik, namun teknologi ini tidak berhasil kembali. Menurut hasil wawancara dengan Pak Sidiq, ketidakberhasilan teknologi tersebut dikarenakan adanya kebocoran pada sistem anaerobiknya.

Pada tahun 2015, Dinas Lingkungan Hidup Kota Probolinggo bekerja sama dengan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi untuk mengatasi permasalahan limbah cair industri tahu ProMa dengan membangun pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan teknologi reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed*. Perkiraan usia reaktor ini dapat berkisar antara 20 tahun sampai dengan 25 tahun (Yao *et al.*, 2017; dan Raheem *et al.*, 2016). Teknologi pengolahan anaerobik ini memiliki dua tantangan utama yaitu: (i) ketidakstabilan operasional dan (ii) kualitas pengolahan yang dihasilkan (Holm-Nielsen *et al.*, (2009); dan Appels *et al.*, (2011)). Apabila kondisi proses ditangani dengan benar, maka proses pengolahan anaerobik akan berjalan stabil (Dechruga *et al.*, 2013).

Pengolahan limbah ini berjalan dengan baik sampai saat ini, dimana kandungan beban pencemar organik pada limbah berkurang sehingga limbah cair sudah tidak menimbulkan bau yang tidak sedap lagi. Pengolahan limbah cair tahu secara anaerobik ini juga menghasilkan hasil samping berbentuk biogas yang dapat dimanfaatkan untuk mensubstitusi bahan bakar warga sekitar untuk kebutuhan memasak sehari-hari, namun disisi lain lain kandungan organik pada hasil keluaran *effluent* limbah cair IPAL tersebut masih belum memenuhi syarat Baku

Mutu Air Limbah (BMAL) yang telah ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan.

4.2. Evaluasi Kinerja Operasi Optimum Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu CV. Proma Tun Saroyyan

Industri tahu Proma pada tahun 2015 telah menerapkan pengolahan limbah cair dengan menggunakan sistem anaerobik. Pengolahan limbah cair secara anaerobik ini dapat membantu mengurangi beban pencemar dari limbah cair organik di lingkungan serta dapat menghasilkan biogas yang memiliki manfaat ekonomi. Pengolahan limbah cair industri tahu yang dilakukan oleh CV. Proma Tun Saroyyan adalah menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed*, yang ditanam di dalam tanah agar pada saat pengoperasiannya limbah cair yang dihasilkan dari produksi tahu dapat mengalir secara gravitasi ke dalam reaktor tanpa perlu adanya energi. Hasil samping pengolahan limbah cair tahu ini adalah biogas. Biogas akan dialirkan ke dalam tempat penampung gas sementara atau gas holder sebelum didistribusikan ke rumah-rumah penduduk. Pengolahan limbah cair di industri tahu dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* serta gas holder di CV. Promatun Aroyyan, Probolinggo dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Pengolahan limbah tahu dengan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di CV. Promatun Aroyyan

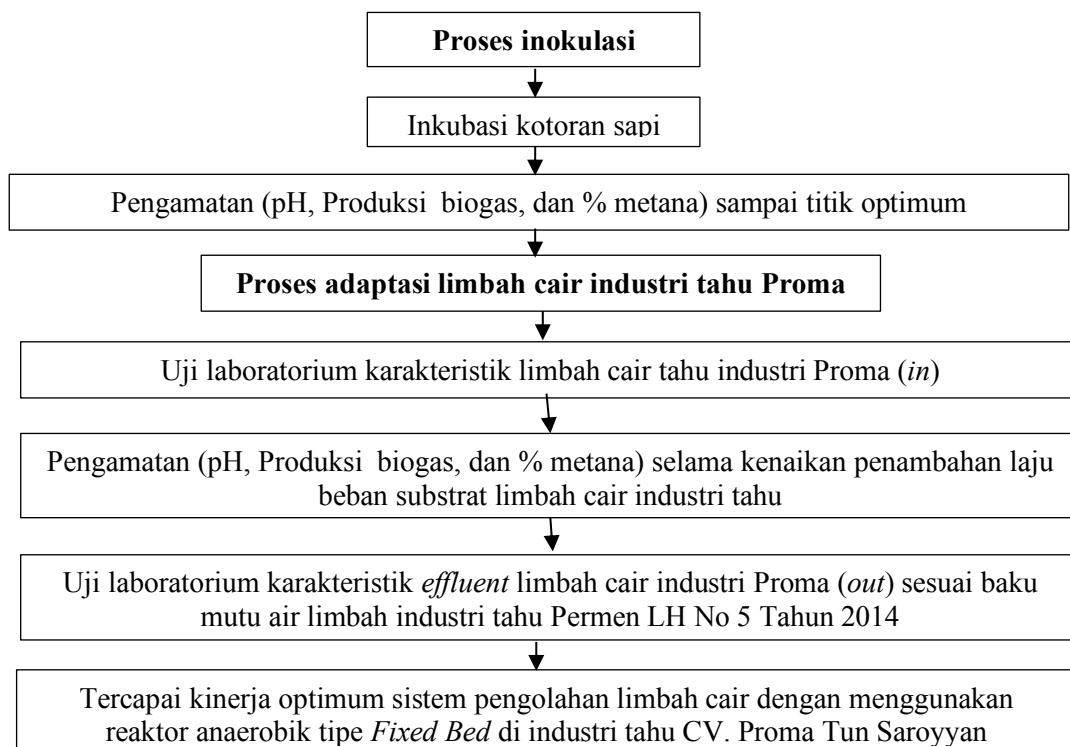
Reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* yang berada pada CV. Proma Tun Saroyyan terbuat dari bahan dasar *fiber glass*. *Fiber glass* dipilih karena *fiber glass* mudah dibentuk, tahan terhadap asamnya limbah cair industri tahu, tidak korosif, dan kuat. Reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* ini berbentuk tabung yang dilengkapi dengan pipa saluran masuk limbah dan pipa pengeluaran. Pipa pengeluaran dibagi menjadi dua yaitu pipa untuk mengalirkan biogas yang dihasilkan dan pipa untuk mengeluarkan *effluent* setelah proses pengolahan limbah cair. Biogas yang dihasilkan oleh pengolahan limbah secara anaerobik dengan menggunakan reaktor tipe *Fixed Bed* ini akan dialirkan melalui alat *gas flow meter* biogas, selanjutnya biogas ditampung di dalam *gas holder* atau *biogas storage* dan diukur konsentrasi kandungan gas metananya dengan menggunakan alat *methan tester*. Biogas yang mengandung gas metana ini selanjutnya disalurkan melalui pipa-pipa menuju rumah-rumah penduduk untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti energi fosil seperti LPG, kayu bakar, minyak tanah, dan lain sebagainya. Pengolahan limbah cair di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan menggunakan reaktor anaerobik dengan sistem *up flow*, sehingga pipa inlet atau tempat masuknya limbah berada pada bagian bawah reaktor sedangkan pipa *effluent* berada pada bagian atas reaktor.

Berdasarkan data yang diperoleh dari dokumen teknis BPPT tahun 2015 didapat bahwa kapasitas total reaktor anaerobik yang dibangun untuk pengolahan limbah cair tahu ini adalah sebesar 43 m³ dan kapasitas gas holder adalah sebesar 27 m³. Reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* ini dilengkapi dengan material penyangga berguna sebagai tempat untuk menempelnya bakteri. Material penyangga yang digunakan pada pengolahan limbah cair tahu industri Proma ini adalah bambu yang telah dipotong-potong dengan panjang kurang lebih 10 cm dimasukkan secara acak ke dalam reaktor anaerobik. Pemotongan bambu sebagai material penyangga dilakukan untuk memperluas daerah permukaan tempat pertumbuhan atau berkembang biaknya bakteri. Pemilihan potongan bambu sebagai material penyangga didasari karena harganya yang relatif murah serta mudah didapat di Indonesia. Pengisian potongan bambu sebagai material penyangga didalam reaktor anaerobik ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15. Pengisian bambu sebagai material penyangga di dalam reaktor

Tahap selanjutnya akan dilakukan evaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan. Skema tahapan proses evaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dapat dilihat pada Gambar 4.16 sebagai berikut.

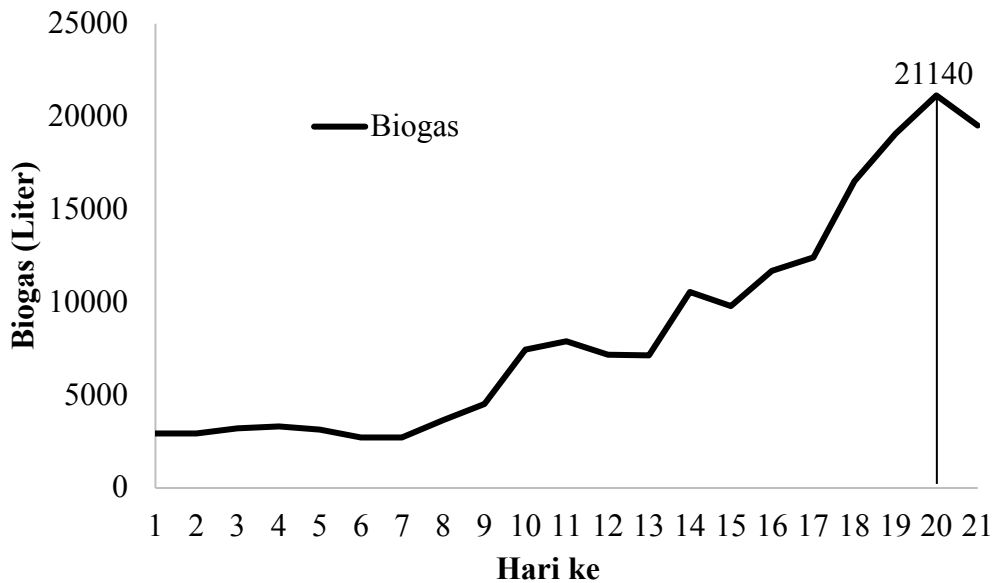


Gambar 4.16. Skema Proses Evaluasi Pengolahan Limbah Cair Tahu CV. Proma Tun Saroyyan Secara Anaerobik dengan menggunakan Reaktor Tipe Fixed Bed

Data-data sekunder pada proses evaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair industri tahu CV. Prima Tun Saroyan berasal dari dokumen teknis BPPT. Selanjutnya data-data tersebut diolah dan dianalisis untuk mengetahui bahwa teknologi anaerobik tersebut mampu menurunkan beban pencemar organik yang berada di dalam limbah cair industri tahu. Pada pengolahan limbah cair secara anaerobik, ada dua tahap yang harus diperhatikan agar sistem pengolahan limbah dapat menghasilkan kondisi optimum diantaranya adalah proses inokulasi dan proses adaptasi limbah cair industri tahu.

4.2.1. Proses inokulasi

Tahap inokulasi adalah proses memindahkan bakteri dari medium yang lama ke medium yang baru. Medium lama yang digunakan pada penelitian ini adalah cairan kotoran sapi yang selanjutnya akan di pindahkan ke medium baru yaitu reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* yang berisi bambu sebagai material penyangga. Pada tahap inokulasi dilakukan pengisian cairan kotoran sapi yang telah disaring dari ampasnya. Hal ini dilakukan agar rumput dan benda padat lainnya tidak menyumbat reaktor. Cairan kotoran sapi tersebut diisi sampai penuh sesuai dengan volume efektif reaktor yaitu 35 m³. Proses inokulasi ini adalah usaha untuk menumbuhkan mikroorganisme pada material penyangga/media sehingga terbentuk lapisan tipis biofilm pada permukaan material penyangga. Cairan kotoran sapi kemudian di inkubasi secara anaerobik di dalam reaktor hingga kondisi stabil yaitu terlihat adanya biogas yang terbentuk. Biogas yang terbentuk mengindikasikan adanya bahan organik di kotoran sapi yang sudah terdegradasi oleh bakteri anaerobik. Bakteri anaerobik yang tumbuh akan melekat di permukaan material penyangga sehingga tumbuh lapisan tipis biofilm pada permukaan material penyangga. Berdasarkan data sekunder yang berasal dari dokumen teknis dari BPPT maka didapatkan grafik proses inokulasi untuk produksi biogas harian, persentase gas metana yang terkandung dalam biogas dan pH *effluent* hasil dari pengolahan limbah cair tahu secara anaerobik dengan menggunakan reaktor tipe *Fixed Bed*. Gambar grafik proses inokulasi dapat dilihat pada Gambar 4.17, Gambar 4.18, dan Gambar 4.19.



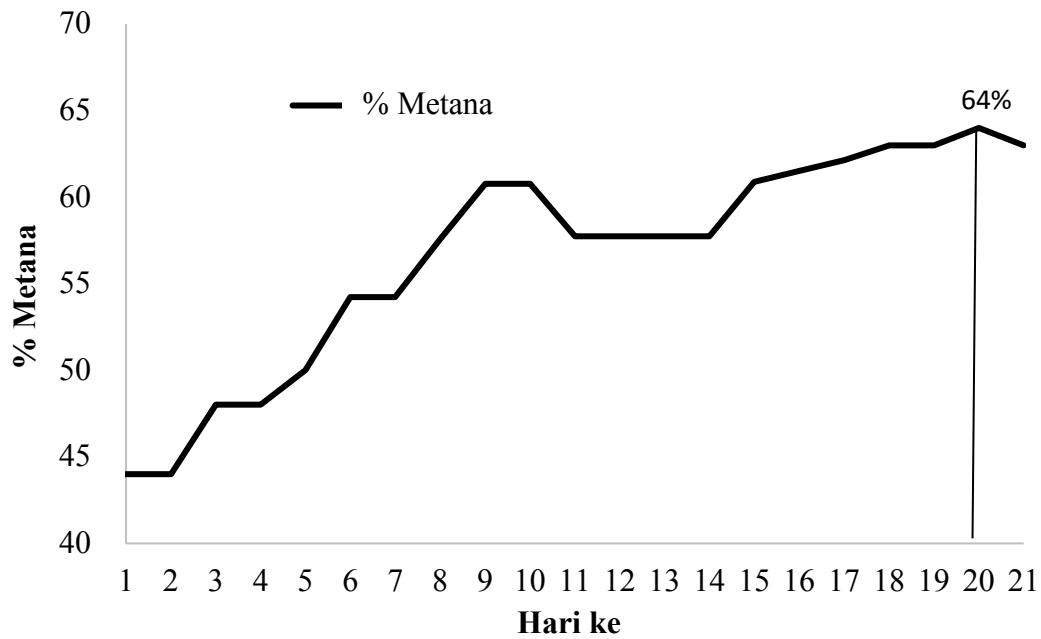
Gambar 4.17. Grafik biogas selama proses inokulasi

Sumber: BPPT, 2015

Pada Gambar 4.17 terlihat bahwa biogas mulai terbentuk pada hari pertama, hal ini menandakan bahwa di dalam reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* tersebut sudah terjadi proses degradasi kandungan bahan organik cairan kotoran sapi. Biogas tersebut sebagian besar terdiri dari gas metana dan karbondioksida yang secara prinsip dihasilkan dari penguraian senyawa-senyawa organik oleh bakteri anaerob.

Berdasarkan pengamatan grafik biogas pada Gambar 4.147 dapat terlihat dari hari ke hari biogas yang dihasilkan cenderung meningkat dan mencapai puncaknya pada hari ke 20 sebanyak 21.140 liter/hari, hal ini menandakan bahwa bakteri anaerob mendegradasi bahan organik secara bertahap atau pelahan dan ketika mencapai puncaknya pada hari ke 20 dapat diartikan bahwa kandungan organik dalam kotoran sapi sudah didegradasi secara optimal oleh bakteri anaerob. Pada Gambar 4.17 terlihat bahwa pada hari ke 21 produksi biogas menurun, hal ini mengindikasikan bahwa kandungan bahan organik pada kotoran sapi mulai berkurang sehingga mikroba tidak mendapatkan nutrisi yang cukup untuk melakukan aktivitasnya.

Analisis data sekunder selanjutnya adalah persentase gas metana yang terkandung dalam biogas hasil dari pengolahan secara anaerobik. Grafik kandungan gas metana dalam biogas dapat dilihat pada Gambar 4.18.

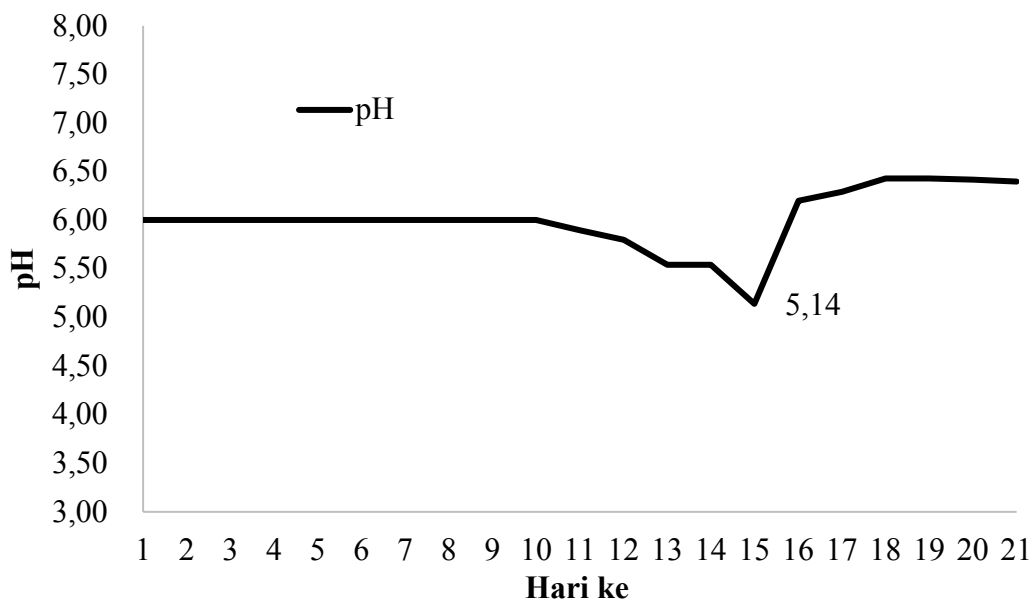


Gambar 4.18. Grafik % metana selama proses inokulasi

Sumber: BPPT, 2015

Berdasarkan Gambar 4.18 terlihat bahwa kandungan gas metana mulai terbentuk pada hari pertama dan semakin meningkat hingga mencapai kondisi maksimum pada hari ke 20 yaitu sebanyak 64%. Peningkatan dan stabilnya gas metana dipengaruhi oleh proses dekarboksilasi asetat yang berjalan dengan baik. Pembentukan gas metana juga dipengaruhi oleh proses oksidasi hidrogen dan reaksi karbondioksida menjadi gas metana dalam sistem anaerobik. Hidrogen tidak saja sebagai pembentuk asam asetat sebagai substrat pembentuk gas metana, tetapi juga mengatur laju proses pembentukan asam asetat dan juga mengatur keseluruhan jalannya pembentukan gas metana. Pada Gambar 4.18 terlihat bahwa setelah hari ke 20 gas metana yang dihasilkan menurun seiring dengan produksi biogas yang juga mengalami penurunan.

Analisis data sekunder selanjutnya adalah pengukuran pH. Grafik pH *effluent* selama proses inokulasi dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19. Grafik pH selama proses inokulasi

Sumber: BPPT, 2015

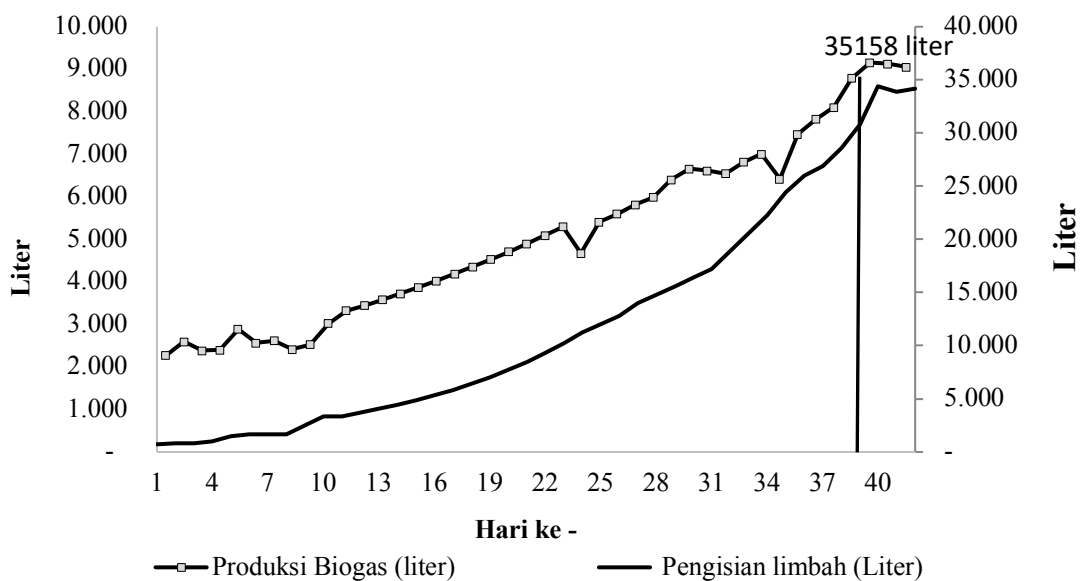
Kondisi pH pada Gambar 4.19 menunjukkan bahwa sebagian besar mikroba telah melekat dengan baik pada *support material* sehingga proses biodegradasi telah berjalan dengan baik yang ditandai dengan kondisi pH yang stabil. Umumnya mikroba menunjukkan pertumbuhan maksimumnya antara pH 6,0 –7,5. Pada hari pertama sampai dengan hari ke 10, kondisi pH cenderung stabil yaitu berada pada angka 6, namun setelah hari ke 10 sampai dengan hari ke 15 terjadi penurunan pH sesaat hingga mencapai angka 5,14 dan mulai naik kembali ke kondisi normal menjadi pH 6,2 pada hari ke 16. Penurunan pH ini terjadi disebabkan karena adanya tahap hidrolisis dan asidogenesis pada proses anaerobik, dimana senyawa-senyawa organik akan didegradasi terlebih dahulu oleh bakteri anaerob menjadi asam-asam lemak. Konsentrasi asam lemak yang tinggi dapat menyebabkan turunnya pH di dalam reaktor. Asam-asam lemak yang dihasilkan hanya sebagai produk antara di dalam proses degradasi bahan organik secara anaerobik, dan selanjutnya asam-asam lemak tersebut akan diuraikan kembali oleh bakteri anaerob untuk menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu biogas dan gas metana yang ditandai dengan pH kembali normal. Jika pH tidak kembali dengan normal atau pH lebih rendah dari 5,0 dan lebih tinggi dari 8,5 maka dapat dipastikan bahwa kondisi di dalam reaktor tidak berjalan dengan baik dan menyebabkan rusaknya sistem biologi didalam

pengolahan limbah secara anaerobik, sehingga proses inokulasi harus diulang. Tingginya kandungan asam juga dapat menghambat jalannya produksi gas metana. Berdasarkan Gambar 4.19, dapat dilihat bahwa kenaikan pH yang terjadi setelah penurunan pH sesaat, hal ini menandakan bahwa sistem anaerobik mulai berjalan ke kondisi stabil, dimana bakteri pada proses metanogenesis telah mampu beradaptasi sehingga dapat mendegradasi asam-asam lemak organik menjadi gas metana. Seiring dengan kondisi pH yang relatif stabil, persentase gas metana yang dihasilkan juga menunjukkan angka di atas 60%, hal ini menandakan bahwa proses inokulasi di dalam reaktor anaerobik telah berjalan dengan baik, dimana populasi bakteri pembentuk asam lemak organik dan bakteri pembentuk metana mendapatkan nutrient yang cukup seimbang. Berdasarkan kondisi reaktor anaerobik yang cukup stabil, maka proses inokulasi ini dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu proses adaptasi pemberian limbah cair industri tahu yang merupakan tambahan nutrien bagi mikroba didalam reaktor. Pemberian limbah cair industri tahu dilakukan dengan system kontinu dan bertahap yang dimulai dari konsentrasi rendah hingga konsentrasi tinggi.

4.2.2. Proses adaptasi

Pengoperasian reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* ini dioperasikan dengan menggunakan sistem kontinu atau secara terus menerus hingga ditemukan OLR optimum. Limbah cair tahu dialirkan secara grafitasi masuk melalui bagian bawah reaktor dengan sistem *up-flow* dan *effluent* akan keluar melalui pipa saluran bagian atas reaktor. Reaktor dioperasikan sesuai dengan keadaan limbah cair sesungguhnya yaitu pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$. Limbah cair yang masuk ke dalam reaktor berasal dari proses penyaringan, proses penggumpalan sari kedelai yang mengandung asam cuka, dan air sisa pengepresan tahu. Air limbah dari proses pencucian dan perendaman tidak masuk ke pengolahan biogas karena kandungan bahan organiknya sedikit sehingga dikhawatirkan akan membuat reaktor tidak memproduksi biogas secara optimal. Pemilihan substrat organik memainkan peran penting dalam stabilitas sistem pengolahan anaerobik karena beberapa bahan baku dapat memiliki efek penghambatan pada proses pengolahan anaerobik (Fagbohunge *et al.*, 2017). Pada tahap adaptasi atau tahap awal

pemberian limbah cair industri tahu dimulai dengan pemberian *Organic Loading Rate* (OLR) yang diberikan secara bertahap dimulai dari yang volume terkecil hingga volume yang terbesar. Pengisian limbah cair tahu dimulai dari volume 180 liter/hari atau sekitar 0,5% dari volume kerja efektif yang akan dioperasikan, selanjutnya kenaikan pengisian umpan limbah cair tahu ditambah sekitar 10% per hari dari pengumpanan sebelumnya. Kenaikan pengisian laju beban organik dapat dilanjutkan apabila kondisi reaktor dianggap stabil. Grafik hasil selama proses adaptasi ditunjukkan pada Gambar 4.20, Gambar 4.21 dan Gambar 4.22.



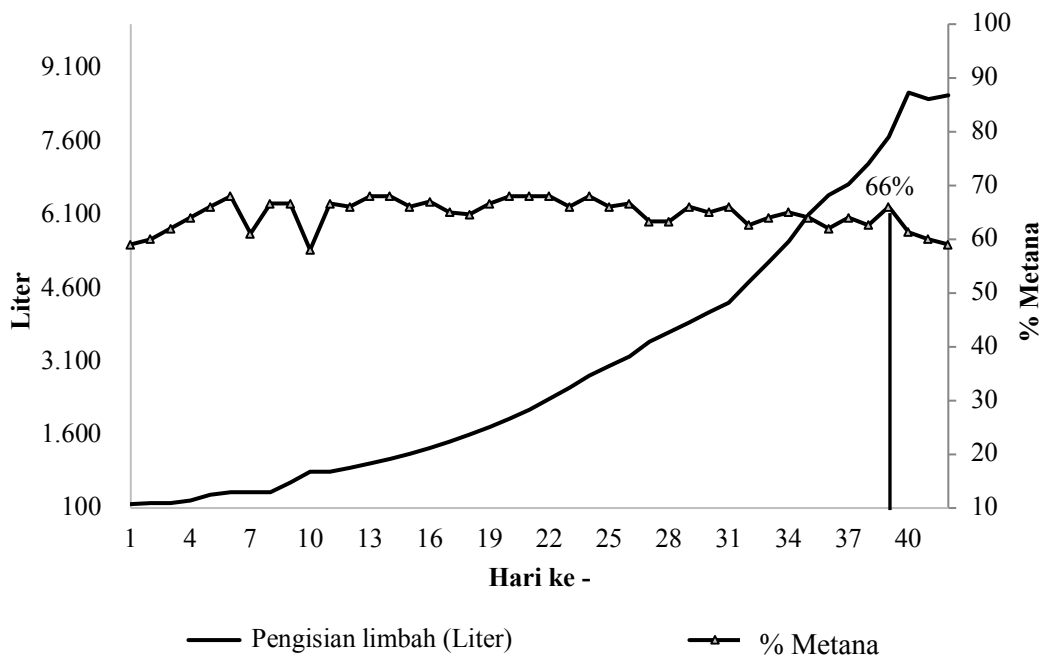
Gambar 4.20. Grafik hasil produksi biogas berbanding dengan jumlah pengisian limbah pada proses adaptasi

Sumber: BPPT, 2015

Pada hari pertama proses adaptasi sampai hari ke 40, produksi biogas cenderung terus meningkat, hal ini memnandakan bahwa bakteri-bakteri anaerob dalam melakukan aktivitasnya dapat menyesuaikan diri terhadap nutrien tambahan dari limbah cair tahu yang diberikan. Berdasarkan grafik pengamatan hasil produksi biogas pada Gambar 4.20, seiring semakin banyaknya volume penambahan pengisian limbah cair tahu maka volume biogas yang dihasilkan juga semakin banyak. Hal ini menandakan bahwa senyawa organik yang berada pada limbah cair industri tahu dapat dirubah oleh bakteri anaerob menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu biogas. Produksi biogas maksimum yang dihasilkan dari pengolahan limbah cair tahu ini terjadi pada hari ke 40, dengan pengisian limbah

sebesar 8.600 liter/hari dan produksi biogas sebesar 36.634 Liter/hari. Kondisi hari ke 40 tersebut belum dapat dikatakan sebagai kondisi optimum karena karena masih perlu dilakukan analisis lebih lanjut pada beberapa parameter lainnya diantaranya yaitu pH dan kandungan gas metana dalam biogas.

Analisis data sekunder selanjutnya adalah kandungan gas metana dalam produksi biogas hasil pengolahan limbah cair tahu secara anaerobik, dan dapat dilihat pada Gambar 4.21.



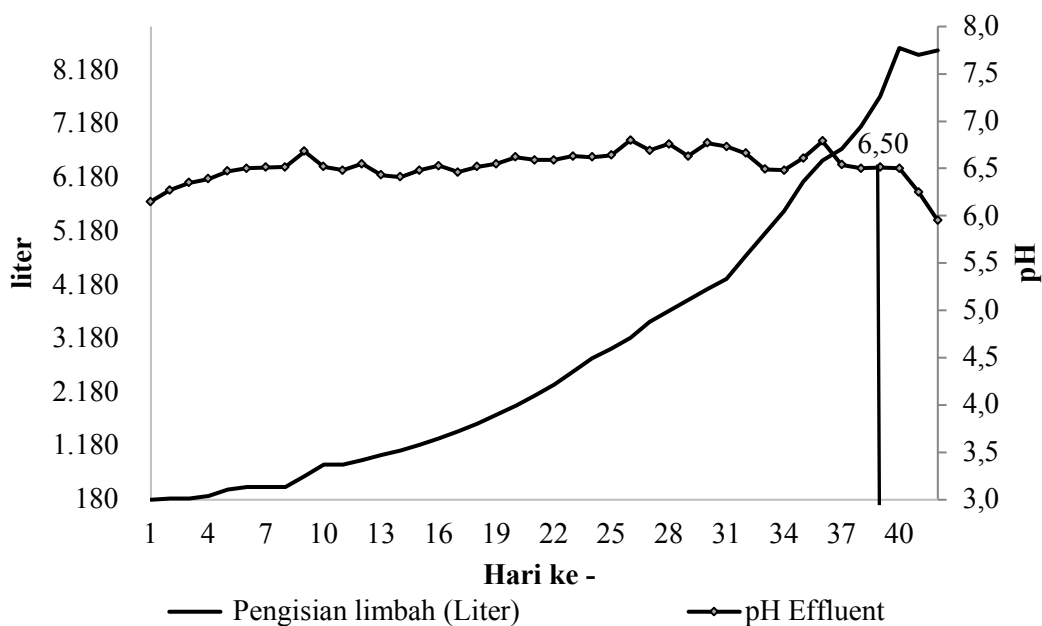
Gambar 4.21. Grafik % metana berbanding dengan jumlah pengisian limbah pada proses adaptasi

Sumber: BPPT, 2015

Berdasarkan analisis Gambar 4.21, kandungan gas metana dalam biogas dari pengisian hari pertama sampai dengan hari ke 39 cenderung stabil yaitu bergerak kurang lebih pada kisaran 60-70%, dengan rata-rata kandungan gas metana sebesar 65%. Hal ini menunjukkan bahwa asam lemak organik yang terbentuk dalam sistem pengolahan anaerobik dapat dimanfaatkan dengan baik oleh bakteri pembentuk metana. Pada pengisian limbah cair tahu hari ke 40 hingga hari berikutnya telah terjadi penurunan persentase gas metana, walaupun pada hari ke 41 pengisian limbah cair tahu sudah mulai diturunkan volumenya. Hal ini menandakan bahwa bakteri pembentuk gas metana sudah tidak mampu untuk beradaptasi dengan limbah cair tahu yang diberikan. Oleh karena itu, dapat

disimpulkan bahwa pengisian limbah cair tahu pada hari ke 39 adalah kondisi terbaik dihasilkannya gas metana sebesar 66%, dengan produksi biogas 35.158 liter/hari dan pengisian 7700 liter/hari.

Sama dengan halnya analisis persentase gas metana, pergerakan kondisi pH juga terlihat stabil dan konstan berada dikisaran 6.4–6.8. Kondisi pH terlihat turun setelah pengisian limbah cair tahu hari ke 36 namun masih berada dalam kisaran pH umumnya mikroba hidup, akan tetapi pH kembali terus menurun pada pengisian limbah cair tahu hari ke 40 hingga hari berikutnya. Grafik pH selama proses adaptasi ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22. Grafik hasil pH *effluent* berbanding dengan jumlah pengisian limbah pada pengamatan proses adaptasi

Sumber: BPPT, 2015

Penurunan pH setelah pengisian limbah cair tahu hari ke 40 dan hari berikutnya, menandakan bahwa terjadi perubahan stabilitas reaktor, dimana kemampuan reaktor untuk menerima beban sudah melampaui batas maksimum. Hal ini terjadi karena meningkatnya jumlah substrat yang diberikan menyebabkan proses hidrolisis dan pengasaman menjadi tidak seimbang dibandingkan dengan proses pembentukan gas metana, sehingga membuat pH reaktor menjadi menurun kearah asam. Pertumbuhan bakteri yang memproduksi asam tidak seimbang dibandingkan dengan populasi bakteri metana. Pengaruh *Organic Loading Rate*

(OLR) yang diberikan semakin meningkat melebihi batas maksimum ini juga dapat membuat bakteri shock sehingga mengakibatkan terjadinya *wash out* atau keluarnya biomassa mikroba dari reaktor dan terbawa aliran effluen. Selain itu proses reaksi oksidasi anaerobik asam lemak rantai panjang dan oksidasi anaerobik produk antara (asam-asam lemak organik) lebih cepat dibandingkan dengan konversi asam-asam lemak menjadi metana.

Keseluruhan analisis data pada proses adaptasi dapat dilihat pada Gambar 4.20, Gambar 4.21 dan Gambar 4.22, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi kinerja terbaik reaktor tercapai pada hari ke 39, dimana jumlah pengisian limbah cair tahu sebesar 7700 liter/hari, produksi biogas 35.158 liter/hari, kandungan gas metana dalam biogas sebesar 66%, dan nilai pH masih dalam kondisi normal yaitu 6,5. Waktu tinggal dapat dihitung melalui perbandingan antara volume efektif reaktor yaitu 35.000 liter dengan volume tingkat beban organik yang masuk ke dalam reaktor pada hari ke 39 yaitu 7700 liter, dan didapat waktu tinggal adalah sebesar 4,5 hari.

Selain pengamatan pH, produksi biogas, dan persentase gas metana di dalam biogas, kinerja optimum reaktor anaerobik ini juga dipengaruhi oleh 4 parameter utama sesuai Permen LH No. 5 tahun 2014 yaitu COD, BOD, TSS dan pH untuk mengetahui efisiensi penurunan kandungan organik pada limbah cair industri tahu yang dihasilkan oleh CV. Promatun Aroyyan, Probolinggo. Selama proses adaptasi berjalan, tidak dilakukan pengukuran parameter limbah secara lengkap, karena tujuan utama pembuatan pengolahan limbah cair CV. Promatun Aroyyan ini adalah untuk menghilangkan bau yang dihasilkan dari limbah cair tahu yang dihasilkan dan mengetahui jumlah potensi biogas maksimum yang dapat dihasilkan.

Data yang didapat dari parameter utama Permen LH No. 5 tahun 2014 adalah hanya data sekunder untuk pengukuran COD yang diperoleh dari hasil uji laboratorium UPT. Laboratorium Lingkungan BLH Kota Probolinggo pada tahun 2015. Data hasil pengujian laboratorium untuk COD selama proses adaptasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil analisa COD limbah cair industri tahu Proma tahun 2015

No	Tanggal (tahun 2015)	COD In (mg/l)	COD Out (mg/l)	Beban (mg/l)	Efisiensi (%)	Kesesuaian dengan baku mutu
1	19 Maret	7743,40	1545,65	6197,75	80,04	Melebihi baku mutu
2	24 Maret	7458,80	1491,10	5967,7	80,00	Melebihi baku mutu
3	28 Juli	7212,20	714,10	6498,10	90,10	Melebihi baku mutu
Rata-rata		7471,47	1250,22	6221,18	83,38	

Sumber: BLH, Probolinggo, 2015

Berdasarkan data pada Tabel 4.1, dapat diketahui kinerja reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* untuk efisiensi penurunan COD dapat diuraikan sebagai berikut:

- rata-rata kandungan COD (*in*) pada limbah cair tahu yang masuk kedalam reaktor pengolahan limbah adalah sebesar 7471,47 mg/l
- rata-rata kandungan COD (*out*) pada limbah cair tahu yang keluar dari reaktor pengolahan limbah adalah 1250,22 mg/l. *Effluent* atau limbah cair tahu industri tahu Proma yang keluar dari reaktor pengolahan limbah masih mengandung bahan organik COD yang melebihi baku mutu air limbah industri tahu yang ditetapkan oleh Permen LH No. 5 tahun 2014 yaitu 300 mg/l, sehingga masih belum dapat dibuang langsung ke lingkungan.
- rata-rata beban COD yang masuk kedalam reaktor pengolahan limbah adalah 6221,18 mg/l
- dan rata-rata efisiensi penurunan COD pengolahan limbah cair tahu tersebut pada tahun 2015 adalah 83,38%

Analisis laboratorium pada limbah cair industri tahu yang dihasilkan oleh CV. Promatun Aroyyan, Probolinggo dilakukan kembali untuk mengetahui kelengkapan efisiensi penurunan keempat parameter utama sesuai Permen LH No. 5 tahun 2014 yaitu COD, BOD, TSS dan pH. Uji laboratorium keempat parameter tersebut dilakukan di UPT. Laboratorium Lingkungan BLH Kota Probolinggo pada tanggal 29 dan 30 Agustus 2017, 26 dan 27 september 2017, dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil analisis karakteristik limbah cair industri tahu CV. Prima Tun Saroyyan pasca pembangunan pengolahan limbah pada tahun 2017

No	Parameter	limbah cair tahu <i>in</i> (mg/L)	limbah cair tahu <i>out</i> (mg/L)	Efisiensi (%)	BMAL Permen LH No 5/2014	Kesesuaian dengan baku mutu
1	COD					
	29 Ags	7849,13	1647,33	79%	300 mg/l	Melebihi baku mutu
	30 Ags	4397,91	1193,86	73%		
	26 Sep	7960,71	1842,64	77%		
	27 Sep	7426,37	1836,4	75%		
	Rata-rata	6908,53	1630,05	75%		
2	BOD					
	29 Ags	1841,33	1002,83	46%	150 mg/l	Melebihi baku mutu
	30 Ags	1916,15	1050,65	45%		
	26 Sep	1887,74	1416,74	25%		
	27 Sep	1770,74	1604,24	9%		
	Rata-rata	1853,99	1268,61	27%		
3	TSS					
	29 Ags	756,25	160	79%	200 mg/l	Dibawah baku mutu
	30 Ags	650	197,5	70%		
	26 Sep	737,5	138,33	81%		Melebihi baku mutu
	27 Sep	750	276,67	63%		
	Rata-rata	723,43	193,12	71%		
4	pH					
	29 Ags	4,57	6,91	-	6 – 9	Sesuai baku mutu
	30 Ags	4,87	6,84	-		
	26 Sep	5,03	7,03	-		
	27 Sep	4,98	7,01	-		
	Rata-rata	4,86	6,94	-		

Sumber: BLH, Probolinggo, 2017

Berdasarkan hasil analisa laboratorium yang disajikan pada Tabel 4.2, dapat diketahui kinerja reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* yang diuraikan adalah sebagai berikut:

- Nilai rata-rata COD inlet limbah cair sebelum diolah adalah 6908,53 mg/l, sedangkan nilai COD *effluent* yang keluar dari pengolahan limbah adalah 1630,05 mg/l. Nilai COD *effluent* limbah cair industri tahu yang dihasilkan masih di atas baku mutu air limbah yang telah ditetapkan. Efisiensi rata-rata penurunan COD dari kinerja reaktor anaerob adalah 75%. Efisiensi COD menurun jika dibandingkan dengan tahun 2015, hal ini dapat diakibatkan karena adanya perubahan volume pengisian limbah cair yang masuk ke dalam reaktor dan penggunaan air yang berlebih sehingga mengakibatkan

pengenceran. Penurunan produksi limbah juga diakibatkan karena adanya persaingan dagang antara sesama industri tahu sehingga membuat produksi tahu CV. Promatun Aroyyan menurun, dan limbah yang dihasilkannya pun juga ikut menurun. Saat ini pabrik tahu Proma hanya memproduksi 630 kg kacang kedelai perhari, sedangkan pada tahun 2015 pabrik tahu Proma dapat mengolah sekitar 700 kg perhari.

- Nilai rata-rata BOD inlet limbah cair sebelum diolah adalah 1853,99 mg/l, sedangkan rata-rata nilai BOD *effluent* yang keluar dari pengolahan limbah adalah 1268,61 mg/l. Efisiensi penurunan BOD dari kinerja reaktor anaerob adalah 27%. Nilai BOD *effluent* limbah cair industri tahu yang dihasilkan masih diatas baku mutu air limbah yang telah ditetapkan.
- Nilai rata-rata TSS inlet limbah cair sebelum diolah adalah 723,43 mg/l, sedangkan nilai rata-rata TSS *effluent* yang keluar dari pengolahan limbah adalah 193,12 mg/l. Efisiensi penurunan TSS dari kinerja reaktor anaerob adalah 71%. Nilai TSS *effluent* limbah cair industri tahu yang dihasilkan sudah dibawah baku mutu air limbah yang telah ditetapkan.
- Nilai rata-rata pH inlet limbah cair sebelum diolah adalah 4,86 sedangkan nilai pH *effluent* yang keluar dari pengolahan limbah adalah netral sebesar 6,94. Nilai pH *effluent* limbah cair industri tahu yang dihasilkan sudah sesuai dengan baku mutu air limbah yang telah ditetapkan.

Berdasarkan data yang dihasilkan dari keempat parameter diatas menunjukkan, hanya nilai kandungan COD dan BOD masih melebihi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan, sehingga air *effluent* limbah yang dihasilkan masih belum dapat dibuang langsung ke lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan limbah tahap lanjutan dengan memanfaatkan *effluent* limbah tersebut agar aman terhadap lingkungan.

4.3. Persepsi masyarakat tentang manfaat biogas dari pengolahan limbah cair industri tahu

Persepsi masyarakat tentang manfaat biogas dari pengolahan limbah cair tahu industri tahu Proma adalah data primer yang diperoleh melalui proses wawancara

tatap muka dengan menggunakan kuesioner kepada para responden. Kuesioner mengenai persepsi masyarakat tentang manfaat biogas dari pengolahan limbah cair industri tahu dibagi menjadi 3 kategori yaitu:

1. karakteristik responden,
2. pengetahuan masyarakat, dan
3. pemanfaatan biogas.

Data hasil kuesioner diuraikan sebagai berikut:

1. Karakteristik responden

Karakteristik responden mendeskripsikan identitas masyarakat yang menjadi sampel penelitian. Karakteristik responden mencakup usia, pendidikan terakhir, mata pencaharian, dan lama tinggal di daerah tersebut. Berdasarkan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 5% maka diperoleh jumlah sampel responden sebanyak 36 orang. Uraian deskriptif mengenai karakteristik responden dapat dijelaskan sebagai berikut:

a) Usia

Usia adalah salah satu faktor yang mempengaruhi seseorang secara fisik, psikis dan sosial dalam pembentukan perilakunya. Usia dapat menunjukkan kemampuan seseorang untuk melakukan tindakan berdasarkan pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki. Selain itu usia adalah faktor yang mempengaruhi kematangan seseorang dalam melaksanakan fungsi dan tugas serta peranan sosialnya dalam kehidupan baik di lingkungan keluarga dan masyarakat. Hasil survey menunjukkan bahwa responden mayoritas berada pada rentang usia 40-50 tahun yaitu sebesar 15 orang atau 40%, dan minoritas responden berada pada rentang usia 51-61 tahun yaitu sebesar 1 orang atau 3%. Kondisi ini tentunya mempunyai suatu gambaran bahwa semua responden sudah mencapai usia ideal bagi seorang atau individu untuk lebih dewasa dan matang dalam hal pandangan dan wawasan lingkungan di sekitarnya

b) Pendidikan

Pendidikan adalah salah satu indikator yang dianggap dapat menentukan pola pikir responden terkait pengelolaan lingkungan yang baik. Hasil survey menunjukkan bahwa mayoritas responden berlatar belakang pendidikan SD, dan sisanya hanya sebagian kecil responden memiliki pendidikan setingkat SMP, SMA, dan S1.

c) Mata Pencaharian

Mata pencarian utama responden mayoritas adalah ibu rumah tangga yaitu sebesar 44%, 17% adalah buruh dan pedagang, 11% adalah karyawan industri tahu Proma, dan sisanya adalah petani dan guru. Semua responden yang bermata pencaharian menjadi seorang guru memiliki latar belakang pendidikan S1.

d) Lama tinggal

Rata-rata responden telah menetap cukup lama tinggal di lokasi tersebut, sehingga diasumsikan bahwa responden dapat mengenal dengan baik perubahan lingkungan yang terjadi disekitarnya. Status responden yang tinggal lebih dari 45 tahun yaitu sebanyak 18 keluarga atau sebesar 50%, lama tinggal 16-30 tahun sebanyak 9 keluarga atau sebesar 25%, lama tinggal 31-45 tahun sebanyak 6 keluarga atau sebesar 17%, dan lama tinggal 5-15 tahun sebanyak 3 keluarga atau sebesar 8%.

Ringkasan hasil kuesioner dari ke 36 orang mengenai karakteristik responden dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Karakteristik Responden

No	Indikator	Jumlah Responden	Presentase
1	Usia		
	8-28 tahun	4	11%
	29-39 tahun	10	28%
	40-50 tahun	14	39%
	51-61 tahun	2	6%
	62-100 tahun	6	17%
	Total	36	100%

Tabel 4.3 Karakteristik Responden (Lanjutan)

No	Indikator	Jumlah Responden	Presentase
2	Pendidikan terakhir		
	Setingkat SD	23	64%
	Setingkat SMA	4	11%
	Setingkat SMP	5	14%
	Setingkat S1	4	11%
	Total	36	100%
3	Mata pencaharian		
	Karyawan CV Promatun Sarroyan	4	11%
	Petani	2	6%
	Buruh	6	17%
	Pedagang	6	17%
	Ibu rumah tangga	16	44%
	Guru	2	6%
	Total	36	100%
4	Lama Tinggal		
	0-5 tahun	-	-
	5-15 tahun	3	8%
	16-30 tahun	9	25%
	31-45 tahun	6	17%
	>45 tahun	18	50%
	Total	36	100%

Sumber: hasil olah data primer, 2018

2. Pengetahuan Masyarakat

Data hasil kuesioner mengenai pengetahuan masyarakat digunakan untuk mendeskripsikan sejauh mana pengetahuan masyarakat terhadap limbah yang dihasilkan oleh industri tahu, dampak yang terjadi di lingkungan, dan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan. Kuesioner pengetahuan masyarakat dibagi menjadi 7 pertanyaan yaitu limbah yang dihasilkan oleh industri tahu, dampak negatif limbah tahu untuk lingkungan, protes masyarakat terhadap limbah yang dihasilkan oleh industri tahu Proma, seberapa pentingnya Limbah cair tahu yang diolah, keberadaan pengolahan limbah di pabrik tahu CV. Promatun saroyyan bagi warga, Manfaat pengolahan limbah, akibat dari pembuangan limbah cair ke lingkungan sebelum adanya pengolahan limbah cair tahu. Uraian deskriptif mengenai pengetahuan responden dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) Pengetahuan responden terhadap limbah yang dihasilkan dari industri tahu.

Berdasarkan hasil kuesioner dari ke 36 responden, sebesar 47% menyatakan bahwa limbah yang dihasilkan oleh industri tahu adalah limbah gas dan limbah cair, sebesar 31% menyatakan bahwa industri tahu hanya menghasilkan limbah cair, dan sebanyak 22% menyatakan bahwa industri tahu menghasilkan limbah padat, cair dan gas.

Hasil survey menyatakan bahwa seluruh responden mengetahui bahwa industri tahu menghasilkan limbah cair karena mereka merasakan manfaat langsung dari pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas. Mayoritas responden juga tidak mengetahui adanya limbah padat yang dihasilkan oleh industri tahu, karena mereka menganggap bahwa ampas tahu sebagai limbah padat yang dihasilkan dari industri tahu masih memiliki nilai ekonomi untuk dijual sebagai pakan ternak.



Gambar 4.23. Wawancara tatap muka dengan menggunakan kuesioner kepada masyarakat

- b) Pengetahuan responden terhadap dampak negatif limbah industri tahu untuk lingkungan.

Hasil dari kuesioner kepada masyarakat sebanyak 18 orang menyatakan bahwa ada dampak negatif limbah tahu yang dihasilkan untuk lingkungan,

dan sisanya 18 orang tidak merasakan adanya dampak negatif limbah tahu yang dihasilkan untuk lingkungan.

Beberapa responden yang tidak menyadari adanya dampak negatif dari limbah yang dibuang ke sungai adalah karena Pabrik tahu Proma membuang limbah cairnya langsung ke sungai besar Kedungasem yang mengalir, sehingga masyarakat tidak merasakan dampaknya secara langsung. Masyarakat sekitar industri tahu Proma umumnya belum peduli terhadap kondisi lingkungan yang tercemar, namun perhatian masyarakat saat ini lebih banyak untuk memikirkan kelangsungan kehidupannya sehari-hari.

c) Protes responden terhadap limbah yang dihasilkan oleh industri tahu Proma

Berdasarkan pertanyaan mengenai protes masyarakat terhadap limbah yang dihasilkan oleh industri tahu, mayoritas responden menjawab tidak pernah melakukan protes, dan hanya 1 keluarga yang pernah menyatakan bahwa dahulu ia pernah melakukan protes kepada pemilik industri tahu Proma. Alasan protes salah satu warga tersebut diajukan karena merasa terganggu dengan adanya bau yang tidak sedap bagi lingkungan sekitar dari buangan limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu Proma.

d) Pengetahuan responden terhadap pentingnya limbah cair industri tahu harus diolah

Berdasarkan pertanyaan kuesioner kepada masyarakat mengenai seberapa pentingnya limbah cair tahu harus diolah didapatkan hasil sebesar 100% responden menganggap bahwa pengolahan limbah cair penting untuk diolah. Pengolahan limbah industri tahu dianggap penting oleh warga karena menguntungkan keekonomian warga.

Pengolahan limbah cair industri tahu Proma menghasilkan biogas yang dapat berfungsi sebagai pengganti bahan bakar fosil untuk kebutuhan memasak sehari-hari. Biogas tersebut disalurkan ke rumah-rumah penduduk sebagai salah satu bentuk kompensasi pemilik industri tahu kepada warga sekitarnya, sehingga masyarakat pengguna biogas dapat melakukan penghematan pembelian bahan bakar untuk kebutuhan memasak. Beberapa responden juga

menyatakan bahwa selain menguntungkan dengan adanya keberadaan biogas, pentingnya pengolahan limbah cair industri tahu Proma ini juga berdampak pada semakin bersihnya kualitas lingkungan disekitar industri.

- e) Pengetahuan responden tentang keberadaan pengolahan limbah di pabrik tahu CV. Promatun saroyyan

Berdasarkan hasil kuesioner mengenai pengetahuan responden tentang keberadaan pengolahan limbah di pabrik tahu CV. Promatun saroyyan, bahwa 100% responden menganggap keberadaan pengolahan limbah di pabrik tahu CV. Promatun saroyyan menguntungkan, karena masyarakat sudah merasakan dampaknya manfaat penggunaan biogas.

- f) Pengetahuan responden tentang manfaat pengolahan limbah industri tahu

Berdasarkan kuesioner yang disebar kepada masyarakat mengenai manfaat pengolahan limbah industri tahu, didapat bahwa mayoritas warga sebesar 61% menjawab bahwa pengolahan limbah industri tahu menghasilkan manfaat biogas dan lingkungan menjadi bersih. Sebagian besar warga menganggap bahwa industri tahu Proma saat ini sudah tidak secara langsung membuang limbahnya ke sungai sehingga air sungai menjadi lebih bersih dari sebelumnya, walaupun *effluent* buangan limbah cair hasil pengolahan tersebut masih diatas kadar baku mutu air limbah.

- g) Pengetahuan responden terhadap pembuangan limbah cair ke lingkungan

Berdasarkan kuesioner yang disebar kepada masyarakat mengenai pengetahuan responden terhadap pembuangan limbah cair ke lingkungan, didapat bahwa sebanyak 56% menjawab tidak berbahaya dan tidak merugikan akibat dari pembuangan limbah cair ke lingkungan. Hal ini dapat terjadi karena jarak antara rumah responden dengan sungai Kedungasem berada pada kisaran 0 sampai dengan 100 meter. Oleh sebab itu mayoritas responden sebesar 56% tidak merasakan adanya dampak langsung dari limbah yang di hasilkan dari industri tahu karena dahulunya limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu Proma langsung dibuang ke sungai besar Kedungasem dan langsung terbawa oleh aliran air hingga ke muara, sehingga limbah cair yang

dihasilkan oleh industri tahu Proma tidak menumpuk dan tidak menyebabkan bau.

Ringkasan hasil kuesioner dari ke 36 orang mengenai pengetahuan masyarakat dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengetahuan masyarakat

No	Parameter	Jumlah Responden	Presentase
1	Limbah yang dihasilkan dari industri tahu		
	Limbah cair	11	31%
	Limbah padat	-	-
	Limbah gas	-	-
	Limbah gas dan cair	17	47%
	Limbah cair dan padat	-	-
	Limbah padat dan gas	-	-
	Limbah padat, cair, gas	8	22%
	Total	36	100%
2	Dampak negatif limbah tahu untuk lingkungan		
	Ada	18	50%
	Tidak ada	18	50%
	Total	36	100%
3	Protes masyarakat terhadap limbah yang dihasilkan oleh industri tahu Proma		
	Pernah	1	3%
	Tidak Pernah	35	97%
	Total	36	100%
4	Limbah cair tahu yang diolah		
	Penting	36	100%
	Tidak Penting	-	-
	Total	36	100%
5	Keberadaan pengolahan limbah tahu Proma		
	menguntungkan	36	100%
	sama saja keadaannya	-	-
	merugikan	-	-
	Total	36	100%
6	Manfaat pengolahan limbah		
	Tidak ada	-	-
	Lingkungan bersih	2	6%
	Biogas	12	33%
	Biogas dan lingkungan bersih	22	61%
	Total	36	100%
7	Akibat dari pembuangan limbah ke lingkungan		
	tidak berbahaya dan tidak merugikan	20	56%
	berbahaya namun tidak merugikan	4	11%
	berbahaya dan merugikan	12	33%
	Total	36	100%

Sumber: hasil olah data primer, 2018

3. Pemanfaatan Biogas

Data hasil kuesioner mengenai pemanfaatan biogas digunakan untuk menghitung evaluasi sederhana dari pemanfaatan biogas. Kuesioner pemanfaatan biogas dibagi menjadi 10 pertanyaan yaitu lama menggunakan biogas, pemanfaatan biogas sehari-hari, jumlah orang dalam 1 rumah, jenis bahan bakar sebelum menggunakan biogas, berapa banyak penggunaan tabung LPG 3 kg perbulan pada saat sebelum dan sesudah pemakaian biogas, jumlah tungku biogas perumah, lama memasak, alasan menggunakan biogas, dan kendala pemakaian biogas. Uraian deskriptif mengenai pemanfaatan biogas dapat dijelaskan sebagai berikut:

a) Lama penggunaan biogas

Rata-rata responden sudah merasakan penggunaan biogas selama 2 sampai dengan 3 tahun. Hasil survey menyatakan bahwa sebanyak 22 keluarga telah merasakan manfaat menggunakan biogas selama 3 tahun, sebanyak 13 keluarga telah merasakan manfaat menggunakan biogas selama 2 tahun, dan sebanyak 1 keluarga telah merasakan manfaat menggunakan biogas selama kurang dari satu tahun.

b) Pemanfaatan Biogas

Berdasarkan hasil kuesioner yang dibagikan kepada masyarakat, bahwa mayoritas responden yaitu sebanyak 33 keluarga atau sebesar 92% menggunakan biogas untuk memasak kebutuhan sehari-hari, sedangkan sisanya ada sebanyak 3 keluarga atau sebesar 8% menggunakan biogas untuk memasak makanan yang dapat dijual, seperti pedagang gorengan, dan lainnya. Dampak langsung terhadap pemanfaatan biogas sangat dirasakan oleh salah satu responden yang memiliki pekerjaan sebagai pedagang gorengan yaitu Ibu Nanuk, karena dengan adanya pemanfaatan biogas Ibu Nanuk dapat menghemat pembelian LPG untuk usahanya.

c) Jumlah orang dalam satu rumah

Jumlah orang dalam satu rumah dibagi menjadi 4 diantaranya yaitu 1-2 orang per rumah, 3-4 orang per rumah, 5-6 orang per rumah, dan 7-8 orang

per rumah. Berdasarkan hasil survey, mayoritas sebesar 44 % responden atau sebanyak 16 keluarga memiliki anggota 3-4 orang dalam 1 rumah. Biasanya keluarga yang memiliki jumlah anggota 3-4 orang dalam 1 rumah terdiri atas ayah, ibu, dan satu sampai dua orang anak. Peringkat kedua berada pada kisaran 5-6 orang dalam satu rumah adalah 14 keluarga atau sebesar 39% responden. Jika dalam 1 rumah dihuni lebih dari 5 orang maka biasanya keluarga tersebut memiliki anak lebih dari 3 orang atau dalam 1 rumah terdapat 2 kepala keluarga. Peringkat ketiga adalah berada pada kisaran 1-2 orang dalam satu rumah adalah 5 keluarga atau sebesar 14%, maka biasanya responden tersebut adalah seorang nenek yang tinggal jauh dari sanak keluarganya. Karakteristik responden berdasarkan jumlah orang dalam satu rumah ini akan mempengaruhi lama dan banyaknya biogas yang digunakan.

d) Jenis bahan bakar yang digunakan sebelum menggunakan biogas

Mayoritas responden sudah menggunakan bahan bakar LPG untuk kebutuhan memasak. Hal ini ditandai dengan hasil survey yang menunjukkan sejumlah 29 orang atau sebesar 81% responden telah memakai bahan bakar LPG, dan sisanya responden menggunakan kayu bakar.

e) Penggunaan bahan bakar LPG tabung 3 kg perbulan sebelum menggunakan biogas

Berdasarkan pertanyaan kuesioner sebelumnya, bahwa pengguna LPG ada sebanyak 31 responden, sedangkan sisanya untuk 5 responden lainnya masih asli menggunakan kayu bakar. Responden yang dahulunya menggunakan kayu bakar, tidak dapat menjabarkan dan menduga secara persis berapa banyak jumlah penggunaan kayu bakar setiap bulannya. Oleh karena itu, jumlah responden yang dapat menjawab mengenai penggunaan bahan bakar LPG tabung 3 kg sebelum menggunakan biogas adalah sebanyak 31 responden. Berdasarkan data hasil survey, terdapat 1 responden yang menggunakan bahan bakar LPG 3 kg sebanyak 8 tabung untuk setiap bulannya. Responden tersebut memiliki mata pencaharian sebagai pedagang gorengan, sehingga membutuhkan banyak bahan bakar LPG untuk memasak, sedangkan kebutuhan LPG perbulan untuk responden lainnya

hanya digunakan untuk memasak kebutuhan sehari-hari dan banyaknya penggunaan LPG didasarkan oleh jumlah anggota keluarga dalam satu rumah.

f) Penggunaan bahan bakar LPG 3 kg perbulan setelah menggunakan biogas

Rata-rata sebagian besar responden yang sudah menggunakan biogas tidak menggunakan LPG lagi, karena biogas tersebut sudah memenuhi kebutuhan masyarakat untuk memasak sehari-hari. Berdasarkan beberapa komentar dari responden menyatakan bahwa masyarakat masih tetap memiliki tabung gas LPG 3 kg yang digunakan sebagai cadangan jika suatu saat industri tahu Proma sedang tidak beroperasi atau libur.

g) Penggunaan jumlah tungku biogas dalam 1 rumah

Sebanyak 86% responden memiliki tungku memasak sebanyak 2 buah, sisanya untuk 6% responden memiliki 4 buah tungku dan 8% responden hanya memiliki 1 tungku. Jumlah tungku yang dimiliki oleh responden juga mempengaruhi banyaknya biogas yang digunakan. Semakin banyak jumlah tungku dan lamanya waktu memasak adalah faktor utama yang mempengaruhi banyaknya jumlah biogas yang digunakan.

h) Lama waktu memasak dengan menggunakan bahan bakar biogas

Lamanya waktu memasak menggunakan biogas berhubungan dengan jumlah penghuni atau orang yang berada dalam 1 rumah, semakin banyak penghuninya maka berbanding lurus dengan semakin lamanya kegiatan memasak sehingga semakin banyaknya biogas yang digunakan.

i) Alasan penggunaan biogas

Mayoritas responden sebesar 69% menyatakan bahwa alasan dalam menggunakan biogas diantaranya adalah aman, hemat, dan ramah lingkungan. Amannya penggunaan biogas dikarenakan komponen terbesar dalam biogas adalah mengandung gas metana, dimana gas metana memiliki tekanan yang cukup rendah sehingga tidak mudah untuk meledak.

j) Kendala yang dihadapi dalam pemakaian biogas

Pendapat responden mengenai kendala yang dihadapi selama menggunakan biogas, mayoritas responden menjawab biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu, dan sisa responden menjawab tidak ada kendala dalam pemakaian biogas. Alasan responden menjawab bahwa biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu adalah jika suatu saat industri tahu Proma tidak beroperasi dikarenakan bertepatan dengan libur hari raya, yang disertai dengan berhentinya proses pembuatan tahu sehingga tidak adanya limbah cair yang dihasilkan dan mengakibatkan tidak berproduksinya biogas.

Ringkasan hasil kuesioner dari ke 36 orang mengenai pemanfaatan biogas dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Pemanfaatan Biogas

No	Parameter	Jumlah Responden	Presentase
1	Lama Menggunakan biogas		
	<1 tahun	1	3%
	1-2 tahun	13	36%
	3-4 tahun	22	61%
	Total	36	100%
2	Pemanfaatan Biogas		
	memasak kebutuhan sehari-hari	33	92%
	memasak makanan untuk dijual	3	8%
	Total	36	100%
3	Jumlah orang dalam 1 rumah		
	1-2 orang	5	14%
	3-4 orang	16	44%
	5-6 orang	14	39%
	7-8 orang	1	3%
	Total	36	100%
4	Jenis bahan bakar sebelum menggunakan biogas		
	LPG	29	81%
	Kayu Bakar	5	14%
	LPG dan kayu bakar	2	6%
	Total	36	100%
5	Penggunaan LPG 3 kg sebelum memakai biogas		
	1 tabung	6	19%
	2 tabung	10	32%
	3 tabung	9	29%
	4 tabung	5	16%

Tabel 4.6. Pemanfaatan Biogas (lanjutan)

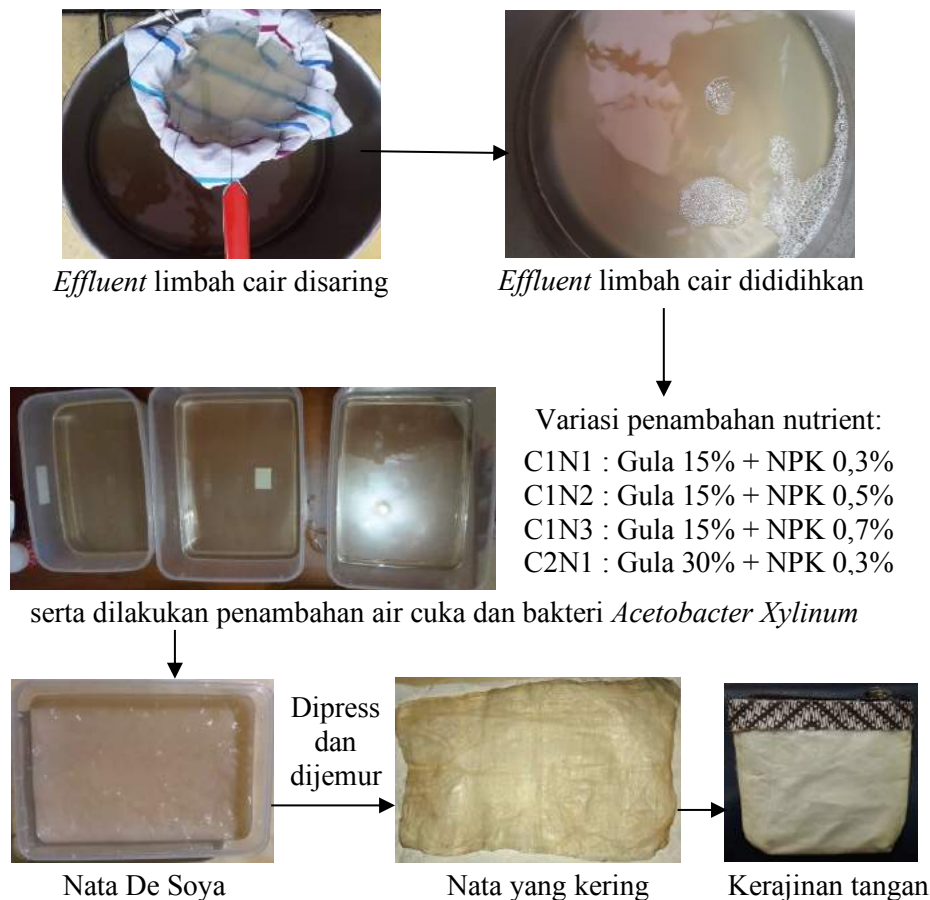
No	Parameter	Jumlah Responden	Presentase
	8 tabung	1	3%
	Total	31	100%
6	Penggunaan LPG 3 kg sesudah memakai biogas		
	0 tabung	35	97%
	1 tabung	-	-
	2 tabung	1	3%
	Total	36	100%
7	Jumlah tungku		
	1	3	8%
	2	31	86%
	3	-	-
	4	2	6%
	Total	36	100%
8	Lama memasak (jam)		
	1-2	28	78%
	3-4	7	19%
	5-6	1	3%
	Total	36	100%
9	Alasan menggunakan biogas		
	Aman	-	-
	Hemat	2	6%
	Ramah Lingkungan	-	-
	Aman dan Hemat	9	25%
	Aman, Hemat, dan Ramah Lingkungan	25	69%
	Total	36	100%
10	Kendala pemakaian biogas		
	Tidak ada	19	53%
	Biogas tidak mampu memenuhi kebutuhan sehari-hari	-	-
	Biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu	17	47%
	Total	36	100%

Sumber: hasil olah data primer, 2018

Berdasarkan jawaban dari hasil kuesioner didapat bahwa persepsi masyarakat terhadap pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas yang dilakukan oleh industri tahu Proma memiliki dampak positif, karena kegiatan tersebut memberikan keuntungan ekonomi bagi warga sekitar yaitu dapat menghemat pembelian bahan bakar untuk kebutuhan memasak sehari-hari.

4.4. Pengembangan potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair industri tahu secara anaerobik dengan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* sebagai kerajinan tangan

Berdasarkan hasil analisa laboratorium menunjukkan bahwa rata-rata nilai COD dan BOD yang keluar dari pengolahan limbah tahu secara anaerobik tersebut masih melebihi standar baku mutu limbah cair untuk industri tahu Permen LH No. 5 tahun 2014 yaitu 300 mg/l. Oleh karena itu dilakukan pengolahan limbah sebagai tahap pengolahan lanjutan untuk membantu mengurangi beban pencemar di lingkungan. Tahap pengolahan limbah cair lanjutan dilakukan dengan memanfaatkan *effluent* limbah menjadi nata de soya, yang selanjutnya dikeringkan dan dapat digunakan sebagai kerajinan tangan. Skema proses pembuatan nata de soya hingga menjadi kerajinan tangan dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.25. Skema pembuatan nata de soya untuk kerajinan tangan

Pada penelitian ini *effluent* limbah cair tahu yang masih memiliki kandungan COD melebihi baku mutu dimanfaatkan menjadi substrat fermentasi nata dan di tambahkan nutrisi diantaranya adalah gula pasir dan pupuk NPK, sedangkan bakteri yang digunakan adalah *Acetobacter Xylinum*. Penambahan nutrisi akan divariasikan sehingga diperoleh kondisi ketebalan nata terbaik. Setiap variasi penambahan nutrisi yang di uji akan diamati dan dicatat hasil ketebalan natanya pada hari ke 14. Nata yang telah terbentuk selanjutnya akan di press dan dikeringkan agar dapat dengan mudah dibentuk dan dijadikan sebagai kerajinan tangan seperti tas, dompet, sepatu, dan lainnya.

Data ketebalan nata pada setiap variasi penambahan nutrient (gula pasir dan pupuk NPK) dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Data ketebalan nata pada setiap variasi penambahan nutrient

Ulangan	C1N1	C1N2	C1N3	C2N1	C2N2	C3N3
1	1,1 cm	1 cm	0,8 cm	<0,1 cm	<0,1 cm	<0,1 cm
2	1,1 cm	1,1 cm	0,8 cm	<0,1 cm	<0,1 cm	<0,1 cm
3	1,2 cm	1 cm	0,8 cm	<0,1 cm	<0,1 cm	<0,1 cm
Rata-rata	1,13 cm	1,03 cm	0,8 cm	<0,1 cm	<0,1 cm	<0,1 cm

Sumber: hasil data Primer, 2018

Berdasarkan hasil percobaan, dapat ditunjukkan bahwa secara statistik ketebalan nata sesuai variasi penambahan nutrient tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada setiap variasi penambahan pupuk NPK. Berdasarkan data hasil pengukuran ketebalan nata dapat terlihat pada saat variasi penambahan gula 15% dapat membentuk nata secara sempurna kurang lebih dengan ketebalan 1 cm, sedangkan penambahan nutrient gula sebesar 30% hanya memiliki rata-rata ketebalan nata sebesar <0,1 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan nata yang paling baik untuk dijadikan sebagai kerajinan tangan adalah 1,13 cm, diperoleh dari perlakuan C1N1 dengan penambahan 15% gula pasir dan 0,3% NPK.

4.5. Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini menggambarkan bagaimana masalah lingkungan terjadi. Di samping itu, hasil penelitian ini juga menunjukkan bagaimana prinsip yang berkelanjutan berlaku. Secara konseptual, interaksi antar elemen dalam sistem

berkelanjutan dibagi menjadi tiga aspek penting yakni lingkungan, sosial dan ekonomi (Center for Sustainable Development, 1997). Pada kasus ini, masalah lingkungan yang terjadi adalah kandungan organik pada *effluent* limbah yang dihasilkan oleh IPAL industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan masih belum memenuhi baku mutu air limbah industri tahu yang ditetapkan oleh Permen LH No. 5 tahun 2014, sehingga *effluent* limbah cairnya masih belum dapat dibuang langsung ke lingkungan. Oleh karena itu pembahasan hasil penelitian ini dibagi menjadi tiga sub pembahasan yaitu evaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan, persepsi masyarakat tentang manfaat biogas dari pengolahan limbah cair industri tahu, dan pengembangan potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair industri tahu secara anaerobik dengan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* sebagai kerajinan tangan, yang diuraikan sebagai berikut:

1. Evaluasi Kinerja Operasi Optimum Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu CV. Proma Tun Saroyyan

Industri Tahu CV. Proma Tun Saroyyan pada tahun 2015 telah mengolah limbah cairnya menggunakan teknologi anaerobik tipe *Fixed Bed*. Pemilihan teknologi pengolahan limbah ini didasari karena reaktor tipe *Fixed Bed* ini adalah salah satu metoda terbaik pengolahan secara anaerobik untuk limbah dengan konsentrasi tinggi (Weiland, 1987). Sistem pengolahan limbah secara anaerobik milik industri tahu Proma ini menggunakan sistem alir *up flow*. Sistem *up flow* memiliki biomassa yang terperangkap didalam rongga-rongga diantara material penyangga, yang mencapai 70% dari total akumulasi biomassa (Wulfret, 1985). Akumulasi bakteri yang terjadi di material penyangga, dapat mempermudah bakteri untuk menempel pada permukaan material penyangga, sedangkan sistem *down flow* lebih rentan terhadap *wash out* atau keluarnya bakteri dari reaktor.

Reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* ini dilengkapi dengan material penyangga sebagai tempat untuk menempel dan berkembang biaknya bakteri. Material penyangga yang digunakan pada pengolahan limbah cair tahu ini adalah potongan bambu. Potongan bambu adalah material penyangga yang cukup efektif sebagai tempat menempelnya bakteri (Cao *et al.*, 2012). Jika dibandingkan dengan

material penyangga lainnya, pada proses pengolahan secara anerobik bambu dapat menghasilkan biofilm yang tebal atau meningkatkan kepadatan pertumbuhan mikroorganisme dalam reaktor, karena struktur permukaan bambu yang berserabut dapat menghadang bahan organik termasuk bakteri (Cao *et al.*, 2012). Material penyangga bambu juga tidak dapat ikut teruraikan dalam proses anaerobik serta potongan bambu dapat dimanfaatkan lebih dari 10 tahun (Feng *et al.*, 2008). Bakteri-bakteri tersebut akan mendegradasi bahan-bahan organik yang terdapat pada limbah cair tahu dalam kondisi anaerobik di dalam reaktor, bahan-bahan organik tersebut akan diubah oleh bakteri menjadi biogas. Potongan bambu didalam reaktor menempati volume ruang di dalam reaktor, sehingga volume efektif reaktor berkurang menjadi sekitar 35 m³. Berdasarkan data kapasitas total reaktor dan volume efektif reaktor, maka dapat diperoleh porositas reaktor yaitu sebesar 81,4%, dengan kata lain bambu menempati volume ruang di dalam reaktor sebesar 18,6%.

Pada tahap evaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair industri tahu CV. Prima Tun Saroyyan ini dibagi menjadi dua tahapan proses yaitu proses inokulasi dan proses adaptasi limbah cair tahu.

a) Proses inokulasi

Pada proses inokulasi, kandungan organik dalam kotoran sapi sudah dapat didegradasi secara optimal oleh bakteri anaerob pada hari ke 20. Waktu untuk proses inkubasi ini lebih cepat dibandingkan teori dari literature yang ada, dimana proses inokulasi biasanya terjadi selama 1 sampai dengan 3 bulan (Wulfret, 1985). Hal ini dapat terjadi karena bakteri sudah menempel secara sempurna di material penyangga dan mampu mendegradasi seluruh kandungan organik pada cairan kotoran sapi menjadi biogas. Kestabilan reaktor anaerobik dapat dilihat dari beberapa parameter diantaranya yaitu kestabilan pH, produksi biogas dan persentase kandungan gas CH₄ dalam biogas (Stronach *et al.*, 1986). Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa kondisi optimum pada proses inokulasi ini terjadi pada hari ke 20 yang ditandai dengan produksi biogas maksimum sebesar 21.140 liter/hari, dengan persentase gas metana dalam biogas adalah 64%, dan pH sebesar 6,42.

b) Proses adaptasi

Parameter pengamatan lapangan yang dilakukan selama proses adaptasi sama seperti parameter pengamatan yang dilakukan pada proses inokulasi diantaranya yaitu pH, produksi biogas dan persentase kandungan gas CH₄ dalam biogas Stronach *et al.*, 1986. Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa kondisi optimum pada proses adaptasi ini terjadi pada hari ke 39 yang ditandai dengan produksi biogas maksimum sebesar 35.158 liter perhari, dengan persentase gas metana dalam biogas adalah 66%, dan pH sebesar 6,5. Selain parameter tersebut, uji laboratorium COD, BOD, dan TSS juga diperlukan sehingga limbah cair yang keluar dari pengolahan limbah secara anaerobik ini dapat dibandingkan dengan baku mutu yang terdapat pada Permen LH No. 5 tahun 2014. Dari ketiga parameter baku mutu air limbah tersebut, selama proses adaptasi berjalan hanya ada data sekunder yang diperoleh yaitu nilai kandungan COD.

Hasil uji COD pada *effluent* limbah cair tahu industri tahu Proma yang keluar dari reaktor pengolahan limbah adalah 1250,22 mg/l. Nilai COD tersebut masih mengandung bahan organik yang melebihi baku mutu air limbah industri tahu yang ditetapkan oleh Permen LH No. 5 tahun 2014 yaitu 300 mg/l. Disisi lain walaupun nilai kandungan COD masih melebihi nilai baku mutu, namun rata-rata efisiensi penurunan COD pada limbah cair tahu dapat mencapai 83,38%. Hal ini sesuai dengan teori Metcalf dan Eddy (2003) yang menyatakan bahwa efisiensi proses kinerja reaktor tipe *Fixed Bed* dapat mencapai 75-85%.

Pembentukan biogas dan gas metana sangat bergantung pada komposisi kimia substrat atau COD limbah tahu yang dapat didegradasi. Degradasi 1 g COD menghasilkan 0,35 liter gas metana (Castrillon *et al.*, 2013). Berdasarkan data hasil analisis kinerja reaktor pada titik optimum pengukuran di hari ke 39, maka dapat dihitung bahwa 1 g COD pada limbah cair tahu dapat menghasilkan 0.48 liter gas metana. Hal ini menunjukkan bahwa gas metana yang dihasilkan dari degradasi kandungan organik pada limbah cair industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan yang diolah dengan reaktor anaerobik tipe

Fixed Bed ini lebih besar dari standar teori gas metana yang dihasilkan. Hal ini dapat dimungkinkan karena bakteri anaerobik mampu mengolah padatan-padatan yang terkandung di dalam limbah cair tahu seperti potongan tahu remuk, kulit kedelai dan lain sebagainya, yang secara tidak sengaja terikut masuk kedalam reaktor dan terurai menjadi biogas.

Data COD hasil pengolahan limbah cair industri tahu tersebut juga dapat digunakan untuk menghitung jumlah produksi gas teoritis yang terbentuk. Jumlah produksi biogas secara teoritis sebanding dengan penurunan komponen organik yang ditandai dengan penurunan kadar COD dalam limbah cair tahu. Menurut Boursier (2003) produksi biogas teoritis dapat dihitung melalui perkalian antara penurunan beban COD (kg COD/hari) dengan faktor produksi gas spesifik yang dapat dilihat dari grafik hubungan antara temperature dengan produksi gas (Liter/Kg). Produksi biogas teoritis Bousier (2003) yang didapat pada kondisi pengisian limbah sebesar 7700 liter, rata-rata beban COD 6221,18 mg/l dan suhu 30⁰C adalah 32,334 liter perhari, sedangkan pada kondisi nyata produksi biogas maksimum yang dihasilkan pada hari ke 39 yaitu sebanyak 35.158 liter perhari. Hal ini menunjukkan bahwa produksi biogas yang dihasilkan tersebut lebih besar dari pada produksi biogas yang dihitung secara teoritis.

2. Persepsi masyarakat tentang manfaat biogas dari pengolahan limbah cair industri tahu

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa limbah cair tahu adalah sumber masalah pencemaran lingkungan. Walaupun pengolahan limbah sudah berjalan dengan baik, namun *effluent* yang dihasilkan masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Pemerintah. Oleh karena itu, pengetahuan persepsi masyarakat menjadi salah satu aspek penting yang dalam keberlanjutan pengolahan limbah cair industri tahu Proma. Masyarakat yang tinggal disekitar industri tahu diasumsikan sebagai masyarakat yang merasakan dampak langsung dari kegiatan operasi serta pencemaran lingkungan yang timbul dari akibat adanya buangan dari kegiatan industri tahu. Pengolahan limbah cair tahu secara anaerobik yang dilakukan oleh CV. Proma Tun Saroyyan menghasilkan biogas

sebagai hasil samping. Biogas adalah sumber energi netral karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan oleh pencernaan anaerobik dari substrat *biodegradable* (Lemmer *et al.*, 2017). Biogas yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah cair tahu Proma tersebut disalurkan kerumah-rumah penduduk dan dimanfaatkan sebagai energi pengganti bahan bakar fosil seperti LPG dan kayu bakar untuk kebutuhan memasak. Pemberian biogas tersebut dilakukan sebagai kompensasi pemilik pabrik terhadap warga. Penggunaan kompor biogas yang berada dirumah penduduk dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26. Penggunaan biogas untuk kegiatan memasak

Kandungan gas metana dalam biogas ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar industri tahu untuk mensubstitusi pemakaian LPG pada kegiatan memasak sehari-hari. Pembuatan pengolahan limbah cair secara anaerobik ini, telah mendistribusikan produksi biogasnya ke 40 rumah tangga, dengan sampel responden sebanyak 36 rumah tangga. Biogas tersebut digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, sehingga dapat mensubstitusi kebutuhan bahan bakar LPG perbulannya. Rata-rata saat ini sebagian besar responden yang sudah menggunakan biogas tidak menggunakan LPG lagi, karena biogas tersebut sudah memenuhi kebutuhan masyarakat untuk memasak sehari-hari. Beberapa komentar dari responden menyatakan bahwa masyarakat masih tetap memiliki tabung gas LPG 3 kg yang digunakan sebagai cadangan jika suatu saat industri tahu Proma sedang tidak beroperasi atau libur.

Berdasarkan dari hasil kuesioner masyarakat pengguna biogas untuk pembelian LPG perbulannya sebelum dan sesudah adanya penggunaan biogas, maka dapat

dianalisis evaluasi penghematan nilai ekonominya. Evaluasi ekonomi sederhana penghematan biogas dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Evaluasi ekonomi sederhana perhitungan penghematan pemakaian LPG setelah adanya biogas

Keterangan	Perhitungan
Rata-rata penggunaan LPG 3 kg sebelum menggunakan biogas	3 tabung/kepala keluarga.bulan
Rata-rata penggunaan LPG 3 kg setelah menggunakan biogas	0 tabung/kepala keluarga.bulan
Harga 1 tabung LPG 3 Kg	Rp. 17.500,-/kg
Biaya penghematan pembelian LPG 3 kg perbulan setelah menggunakan biogas	= 3 tabung/kepala keluarga.bulan x Rp. 17.500,-/kg = Rp. 52.500,- /kepala keluarga.bulan
Penghematan yang dapat dilakukan setiap keluarga selama 1 tahun	= Rp. 52.500,- x 12 bulan = Rp. 630.000,- pertahun
Penghematan 40 keluarga dalam 1 tahun	= Rp. 630.000,- x 40 kepala keluarga = Rp. 25.200.000,- pertahun

Sumber: Analisis, 2018

Masyarakat yang sudah 3 tahun menggunakan biogas, merasa sangat terbantu perekonomiannya terutama dalam hal penghematan pembelian LPG. Keuntungan inilah yang mendorong para ibu-ibu pengguna baru biogas (pemakaian biogas di bawah 3 tahun) untuk turut serta menggunakan biogas. Beberapa alasan terdahulu responden yang baru merasakan manfaat menggunakan biogas diantaranya adalah ketidak beranian mereka terhadap penggunaan biogas karena mereka menganggap biogas dapat menimbulkan ledakan sama seperti halnya tabung LPG yang dapat meledak. Ketidaktahuan mereka mengenai biogas awalnya membuat mereka enggan menggunakan biogas, namun setelah masyarakat mencoba menggunakan biogas maka mayoritas responden menyatakan biogas tersebut aman digunakan. Amannya biogas disebabkan karena kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida, dimana gas metana memiliki tekanan yang cukup rendah, sehingga biogas tak mudah meledak dan aman untuk digunakan. Biogas memiliki tekanan dibawah udara ambient, sedangkan tekanan maksimum biogas dapat mencapai 10 mbar di atas tekanan atmosfer (Lemmer *et al.*, 2017).

Pengetahuan masyarakat mengenai ketidaktahuannya dalam pemanfaatan biogas sebagai sumber energi yang aman, perlu disosialisasikan. Pendidikan tambahan sejak dini dapat merubah pola pikir masyarakat untuk mulai beralih ke energi alternatif pengganti energi fosil yang aman dan ramah lingkungan. Pendidikan juga dianggap sebagai salah satu indikator yang dapat menentukan pola pikir manusia terkait pengelolaan lingkungan yang baik. Tingkat Pendidikan yang tinggi diharapkan dapat memiliki pengetahuan, pola pikir dan simpati yang lebih tinggi terhadap lingkungan. Palmereg dan Kuru (2000) menunjukkan bahwa motivasi untuk mengambil tindakan untuk masalah lingkungan dapat dirangsang oleh peningkatan kesadaran dan pengetahuan tentang strategi tindakan lingkungan.

Pada kenyataannya sifat simpati terhadap lingkungan tidak selalu berbanding lurus dengan tingginya pendidikan. Hal ini dapat dilihat pada salah satu kuesioner yang menyatakan bahwa hanya satu responden yang berani menyatakan protesnya kepada pemilik industri tahu Proma dan responden tersebut hanya berpendidikan sekolah dasar. Responden tersebut mengaku melakukan protes karena merasa lingkungan di sekitar tempat tinggalnya sudah tercemar akibat adanya bau dari limbah cair yang membusuk. Kepedulian tersebut membuahkan hasil, karena pemilik industri tahu berusaha untuk mengolah limbah cairnya sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini sesuai dengan penelitian Erdogan dan Ozsoy (2007) yang menyatakan bahwa tidak adanya hubungan antara pendidikan dengan kesadaran lingkungan. Gaya hidup, sikap dan perilaku adalah alasan utama yang mempengaruhi munculnya masalah lingkungan saat ini (Erdogan dan Ozsoy, 2007).

Keengganan masyarakat lainnya terhadap pemilik industri tahu adalah alasan utama mayoritas warga yang tidak pernah melakukan protes terhadap limbah yang dibuang ke lingkungan. Minimnya protes masyarakat terhadap limbah yang dihasilkan oleh industri tahu dikarekan adanya kompensasi dari pemilik industri tahu kepada masyarakat diantaranya pemberian biogas hasil dari kegiatan pengolahan limbah cair tahu yang berfungsi untuk menghemat pembelian bahan bakar untuk kebutuhan memasak sehari-hari, dan pembagian bingkisan hari raya kepada masyarakat, serta adanya koperasi untuk kesejahteraan masyarakat

disekitar industri tahu Proma. Hal ini menunjukkan bahwa persepsi masyarakat terhadap industri tahu Proma memiliki dampak positif dan adanya saling keterkaitan dengan asas kebermanfaatannya, sehingga timbullah toleransi masyarakat yang lebih besar untuk tidak melakukan protes tentang kondisi lingkungan terhadap industri tahu. Melindungi alam dan lingkungan serta mempertahankannya untuk generasi mendatang adalah hal utama yang harus dipertimbangkan oleh setiap warga negara, tidak hanya berasaskan nilai manfaat tetapi juga menyadari komitmen dan tanggung jawab terhadap lingkungan serta mengubah sikap dan gaya hidupnya.

3. Pengembangan potensi pemanfaatan *effluent* hasil pengolahan limbah cair industri tahu secara anaerobik dengan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* sebagai kerajinan tangan

Sebagai alternatif yang dapat diajukan dalam usaha untuk mengatasi permasalahan kandungan organik *effluent* limbah cair tahu yang masih tinggi adalah dengan melakukan pengolahan tahap lanjutan. Pengolahan tahap lanjutan untuk limbah *effluent* cair tahu hasil pengolahan secara anaerobik yaitu memanfaatkannya sebagai kerajinan tangan. *Effluent* limbah tersebut diubah bentuk menjadi padatan yang dikenal dengan nama nata, melalui bantuan bakteri *Acetobacter Xylinum*. *Effluent* limbah cair tahu ini memiliki kandungan organik lebih sedikit dibandingkan dengan limbah cair industri tahu pada umumnya, karena sudah kandungan organiknya sudah dimanfaatkan menjadi biogas sehingga limbah menjadi miskin akan nutrisi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penambahan nutrisi ke dalam *effluent* limbah cair tahu untuk membantu perkembangan bakteri *Acetobacter Xylinum* untuk dapat mengubah limbahnya menjadi nata. Penambahan nutrient yang dilakukan diantaranya yaitu gula pasir dan pupuk NPK. Perlakuan penambahan gula dilakukan untuk menambahkan sumber karbon pada substrat *effluent* limbah cair tahu. Sumber karbon pada gula akan dipecah menjadi glukosa dan fruktosa. Glukosa berfungsi sebagai sumber energi untuk proses metabolisme dan merupakan prekursor bagi pembentukan selulosa nata (Sinskey *et al*, 1986). Penambahan nutrient pupuk NPK juga berfungsi sebagai sumber nitrogen yang dibutuhkan oleh bakteri *Acetobacter Xylinum* dalam

melakukan metabolisme sel. Kecukupan senyawa yang dibutuhkan dalam proses metabolisme menyebabkan tersedianya energi dan komponen-komponen penyusun sel. Pertumbuhan yang baik pada gilirannya akan menyebabkan penambahan hasil metabolisme atau pembentukan lapisan selulosa nata.

Nata yang telah terbentuk akan di press sehingga dapat dibentuk menjadi lembaran kain tipis. Lembaran kain tersebut bersifat elastis, tahan air seperti kulit hewan, sehingga kain tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk kerajinan tangan seperti, tas, sepatu, dompet dan lain sebagainya. Berdasarkan data hasil pengukuran ketebalan nata dapat terlihat pada saat variasi penambahan gula 15% dapat membentuk nata secara sempurna kurang lebih dengan ketebalan 1 cm, sedangkan penambahan nutrient gula sebesar 30% hanya memiliki rata-rata ketebalan nata sebesar <0,1 cm. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian Santoso (1999) yang menyatakan bahwa secara umum ketebalan nata akan meningkat sesuai dengan penambahan konsentrasi gula yang ditambahkan. Tipisnya nata yang terbentuk pada penambahan nutrient gula 30% dapat terjadi karena kebutuhan nutrisi pada limbah sudah melampaui batas toleransi, sehingga nutrient tersebut dapat menjadi faktor pembatas pertumbuhan bakteri. Osmotisitas larutan yang tinggi dapat menyebabkan sel bakteri mengalami gangguan, sehingga dapat menyebabkan matinya bakteri. Oleh karena itu, berdasarkan hasil uji pembuatan nata dari beberapa variasi penambahan nutrient diperoleh hasil ketebalan nata terbaik untuk kerajinan tangan yaitu sebesar 1,13 cm diperoleh dari perlakuan C1N1 dengan penambahan 15% gula pasir dan 0,3% NPK.

Berdasarkan perolehan hasil ketebalan nata terbaik, maka dapat dianalisis evaluasi nilai ekonomi pembuatan nata. Evaluasi ekonomi sederhana pembuatan nata dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Evaluasi ekonomi sederhana untuk pembuatan kerajinan tangan dengan substrat 500 ml *effluent* limbah cair tahu

Bahan	Harga (Rp)	Satuan Harga	Kebutuhan Nutrient			Rupiah
Gula	12500	perkg	15%	60,075	gram	750,9
NPK	14000	perkg	0,30%	0,3	gram	4,2
Cuka	12000	per 650 liter		± 2 ml	liter	37
TOTAL						792

Evaluasi ekonomi sederhana yang telah dijabarkan pada Tabel 4.6, menjelaskan bahwa untuk mengolah substrat *effluent* limbah cair tahu 500 ml hingga menjadi bahan kerajinan tangan memerlukan bahan tambahan seperti gula, pupuk NPK, dan air asam cuka dengan total biaya Rp. 792,-. Biaya tersebut tidak terlalu besar, jika dibandingkan dengan biaya degradasi lingkungan dan kerusakan lingkungan yang timbul akibat pembuangan limbah cair secara langsung ke lingkungan. Berdasarkan penelitian Shaffitri (2011) yang menyatakan bahwa dampak pencemaran limbah cair tahu dapat menghasilkan biaya eksternal diantaranya kerugian akibat penurunan produktivitas pertanian, biaya perbaikan kesuburan lahan, dan biaya kesehatan masyarakat sekitar dengan biaya total adalah sebesar Rp. 195.872.000,- pertahun. Biaya ini adalah biaya total yang ditanggung oleh pihak ketiga akibat dampak pencemaran limbah tahu. Biaya eksternal tersebut ditanggung oleh pihak lain atau masyarakat luas. Jenis biaya ini disebut biaya eksternal karena meskipun produsen atau konsumen tidak bertanggung jawab atas tindakannya secara finansial, namun biaya tersebut nyata bagi anggota masyarakat lainnya (Sabour, 2005).

Disisi lain, pemanfaatan *effluent* limbah menjadi nata ini masih menyisakan limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi dapat mencapai kurang lebih 2% hingga 20% dari banyaknya substrat awal, bergantung pada penambahan sumber karbon dan sumber nitrogen. Hasil penelitian Nugroho dan Aji (2015) dan Zhang *et al* (2016) menyatakan bahwa nilai pH limbah cair dari produksi nata selalu menurun setiap harinya dan stabil setelah hari ke 6 yaitu sekitar 3–3,5. Penelitian Zhang *et al* (2016) juga menyatakan bahwa kandungan asam asetat dan asam laktat meningkat selama proses pra-fermentasi. Produksi asam laktat dan asam asetat dapat menciptakan kondisi lingkungan yang asam dan menguntungkan untuk fermentasi lebih lanjut oleh bakteri *Acetobacter* (Almeida *et al*, 2013; dan Verschuren *et al*, 2000). Oleh karena itu, karena limbah cair sisa proses pembuatan nata ini bersifat asam, maka diperlukan pengolahan limbah cair yang tepat. Di beberapa daerah di Indonesia proses pengolahan limbah dapat dilakukan dengan cara sederhana, yaitu dengan membuat ruang pengumpulan di dalam tanah dan menyimpan air limbah ini untuk jangka waktu tertentu yang nantinya limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk di perkebunan. Selain

pemanfaatannya menjadi pupuk, limbah cair hasil samping dari proses pembuatan nata ini juga dapat digunakan kembali untuk penambahan umpan substrat IPAL limbah cair tahu yang ada di industri tahu Proma, karena limbahnya mengandung asam asetat dan asam laktat yang tinggi. Asam laktat dan asam asetat adalah senyawa sederhana yang dapat digunakan oleh bakteri anaerob untuk menghasilkan biogas.

Proses pemanfaatan *effluent* limbah cair tahu hasil buangan IPAL anaerobik menjadi kerajinan tangan ini sangat murah, mudah, dan mampu mereduksi jumlah volume limbah cair secara signifikan. Menurut hasil wawancara kepada Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Probolinggo dan pemilik industri tahu Proma, menyatakan bahwa mereka setuju terhadap pemanfaatan *effluent* limbah cair tahu hasil buangan IPAL anaerobik menjadi kerajinan tangan. Kelemahan proses pemanfaatan ini adalah menggunakan bakteri sehingga memerlukan waktu yang cukup lama yaitu kurang lebih 14 hari, sehingga membutuhkan tempat penampungan yang luas. Bapak Taufik BLH Kota Probolinggo menyampaikan bahwa tempat penampungan limbah dapat bekerja sama dengan para tetangga, misalnya dengan membuat kelompok-kelompok kerajinan, dan hasilnya dapat dijual sehingga membantu masyarakat dalam meningkatkan perekonomiannya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi kinerja operasi optimum sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* di industri tahu CV. Proma Tun Saroyyan adalah:
 - a. Efisiensi proses kinerja reaktor anaerobic tipe *Fixed Bed* pada penurunan kandungan organik COD yang dihasilkan adalah sebesar 83,38%, hal ini sesuai dengan teori yang ada yaitu efisiensi reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* berada pada kisaran 75-85%, namun nilai kandungan COD dan BOD pada *effluent* limbah cair tahu yang keluar dari reaktor pengolahan limbah masih melebihi nilai baku mutu air limbah industri tahu yang ditetapkan oleh Permen LH No. 5 tahun 2014 sehingga masih diperlukan pengolahan limbah tahap lanjutan.
 - b. Volume produksi biogas maksimum yang dihasilkan dari pengolahan limbah cair tahu yaitu 35.158 liter/hari dengan pengisian limbah maksimum 7700 liter perhari, atau lebih besar dari produksi biogas maksimum yang dihitung secara teoritis. Produksi biogas maksimum dapat dihitung dengan teori Boursier (2003) adalah 32,334 liter perhari dengan kondisi yang sama yaitu pada pengisian limbah sebesar 7700 liter perhari, rata-rata beban COD 6221,18 mg/l dan suhu 30°C.
 - c. Pengolahan limbah cair tahu Proma dapat menghasilkan volume gas metana 0,48 liter/gram COD atau lebih besar dari standar 0,35 liter, hal ini dapat disebabkan karena terdegradasinya padatan dalam limbah yang terikut.
 - d. Pada pengukuran efisiensi proses kinerja reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* tahun 2017, terjadi penurunan efisiensi menjadi 75%. Hal ini terjadi karena adanya perubahan penurunan volume pengisian limbah cair yang masuk ke dalam reaktor dan penggunaan air yang berlebih sehingga

mengakibatkan pengenceran. Penurunan produksi limbah diakibatkan karena adanya persaingan dagang antara sesama industri tahu sehingga membuat produksi tahu CV. Promatun Aroyyan menurun, dan limbah yang dihasilkannya pun juga ikut menurun. Saat ini pabrik tahu Proma hanya memproduksi 630 kg kacang kedelai perhari, sedangkan pada tahun 2015 pabrik tahu Proma dapat mengolah sekitar 700 kg perhari

2. Persepsi masyarakat terhadap pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas yang dilakukan oleh industri tahu Proma memiliki dampak positif, karena kegiatan tersebut memberikan keuntungan ekonomi bagi warga sekitar yaitu dapat menghemat pembelian bahan bakar untuk kebutuhan memasak sehari-hari.
3. Alternatif potensi pengembangan pemanfaatan *effluent* limbah cair, diperoleh hasil bahwa perlakuan C1N1 dengan penambahan 15% gula pasir dan 0,3% NPK menghasilkan ketebalan nata de soya terbaik untuk kerajinan tangan yaitu sebesar 1,13 cm.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini adalah:

1. Masyarakat
 - Perlunya peningkatan edukasi untuk masyarakat mengenai pengolahan dan pemanfaatan limbah cair tahu
2. Pengelola Industri Tahu Proma
 - Perlu melakukan pendekatan kepada tokoh masyarakat yang bertempat tinggal disekitar industri tahu untuk dapat mengajak masyarakat untuk berpartisipasi aktif dalam pemanfaatan *effluent* limbah cair tahu tahap lanjutan.
3. Badan Lingkungan Hidup Kota Probolinggo
 - a. Sistem pengolahan anaerobik ini sebaiknya perlu ditambahkan sarana pengadukan suspensi limbah cair yang diletakkan sebelum reaktor *Fixed Bed*.
 - b. Pemerintah dapat memfasilitasi pemanfaatan *effluent* hasil dari pengolahan anaerobik limbah cair industri tahu menjadi kerajinan tangan.

4. Riset Selanjutnya

- a. Perlu melakukan riset tentang pengembangan teknologi alternatif pengolahan limbah cair tahap lanjutan selain pemanfaatannya sebagai nata de soya
- b. Perlu diuji kandungan logam berat, uji kandungan kimia berbahaya, dan uji elastisitasnya, agar nata kering tersebut dapat menjadi produk yang dapat dimanfaatkan menjadi produk yang lebih tinggi kualitasnya seperti bahan pengganti kantong plastik maupun *styrofoam*.

DAFTAR PUSATAKA

- , Undang-undang Republik Indonesia No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- , Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (BMAL).
- Ahring, B. K. (2003). *Perspectives for Anaerobic Digestion*. University of California, Los Angeles (UCLA), School of Engineering and Applied Science, Civil and Environmental Engineering Dept. *Advances in Biochemical Engineering/ Biotechnology*, Vol. 81. Springer
- Alkyol, A. (2012). *Treatment of Paint Manufacturing Wastewater by Electrocoagulation*, Desalination Turkey. 285. 91-99. 9 hlm.
- Almeida, D. M., Prestes, R. A., da Fonseca, A. F., Woiciechowski, A. L., & Wosiacki, G. (2013). Minerals consumption by *Acetobacter xylinum* on cultivation medium on coconut water. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44(1), 197e206.
- Andriana, A. (2016). *Analisis Dampak Industri Tahu pada Ekonomi, Sosial dan Lingkungan di Jakarta*. Jakarta. Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana. Jakarta
- Appels, L., Lauwers, J., Degreè, J., Helsen, L., Lievens, B., Willems, K., Van Impe, J., Dewil, R., (2011). Anaerobic digestion in global bio-energy production: potential and research challenges. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15 (9), 4295–4301.
- Aslanzadeh, S., Rajendran, K., & Taherzadeh, M. J. (2014). *A comparative study between single- and two-stage anaerobic digestion processes: Effects of organic loading rate and hydraulic retention time*. Sweden. *International Biodeterioration & Biodegradation* Volume 95, Part A, November 2014, Pages 181–188
- Azwar, S. (2012). *Sikap Manusia: Teori dan Pengembangannya*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Azwar, S. (2013). *Sikap manusia teori dan pengukurannya*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar

- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2015). *Revitalisasi Pengolahan Biogas di Kota Probolinggo. Technical Document.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1991). *BOD*. Jakarta. Metode Standarisasi Nasional Indonesia 06-2503-1991
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1998). *Tahu*. Jakarta. SNI 01-3142-1998
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2004). *COD*. Jakarta. Metode Standarisasi Nasional Indonesia 06-6989.15-2004
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2004). *TSS*. Jakarta. Metode Standarisasi Nasional Indonesia 06-6989.3-2004
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2012). *Tempe: Persembahan Indonesia untuk Dunia*. Jakarta. ii + 17 hlm.
- Balai Teknologi Lingkungan (BTL). (2003). *Instruksi pengujian BOD. Laboratorium Analitik Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Tangerang.*
- Balai Teknologi Lingkungan (BTL). (2010). *Instruksi pengujian COD. Laboratorium Analitik Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Tangerang.*
- Bitton, G. (2005). *Waste water Microbiology* (3rd ed). New Jersey. A John Willey & Sons, Inc Publication: 355.
- Boursier, H. (2003). Etude et modélisation des processus biologiques aux cours du traitement aérobie du lisier en vue d'une optimisation du procédé, Thèse Ingénieur Génie de l'Environnement, Ecole des Mines de Nantes, 203p
- Boyd, C.E. (1990). Water quality in ponds for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 482 p.
- Cao, Wenping., Zhang, Houhu., Wang, Yinmei., Pan, JiZheng. (2012). *Bioremediation of Polluted surface water by using biofilms on filamentous bamboo*. Ecological engineering 42. 146-149
- Castrillon, P., Fernandez-Nava, Y., Ormaechea, & Maranon, E. (2013). *Methane production from cattle manure supplemented with crude glycerin from the biodiesel industri in CSTR and IBR*. Austria. Bioresource Technology 127, 312-317.

- Center for Sustainable Development. (1997). *Definition and Vision of Sustainable Transportation*. Toronto, Canada.
- Cunningham P. W., Cunningham A. M. (2012). *Environmental Science A Global Concern*. New York : Mc Graw Hill.
- Dareioti, M.A., Kornaros, M. (2014). *Effect of Hydraulic Retention Time (HRT) on Anaerobic Co-Digestion of Agro-Industrial Wastes in a Two-Stage CSTR System*. Greece. *Bioresource Technology* 167, Science Direct.
- Dechrugsa, S., Kantachote, D., Chaiprapat, S., (2013). Effects of inoculum to substrate ratio, substrate mix ratio and inoculum source on batch co-digestion of grass and pig manure. *Bioresour. Technol.* 146, 101–108.
- Departemen Kesehatan RI. (1995). *Daftar Komposisi zat gizi pangan Indonesia*. Direktorat Jendral Pembinaan Kesehatan Masyarakat. Direktorat Bina Gizi Masyarakat Pusat Penelitian dan Pengembangan Gizi.
- Enger, D., Eldon., Smith F. Bradley. (2012). *Environmental Science A Study of Interrelationships*. New York : Mc Graw Hill.
- Erdogan, M., Ozsoy, A. M. (2007). *Graduate Students Perspectives On The Human-Environment Relationship*. R.Assist., Middle East Technical University, Faculty of Education, Dept. of Educational Sciences, Ankara. *Journal of Turkish Science Education*. Volume 4, Issue 2, September 2007
- Fardiaz, D. (1988). *Utilization of Waste Product From Tofu and Tempe Processing*. *Proceeding Workshop on Tofu and Tempe Processing*. Bogor Agricultural. University Research Incitute, Bogor: 162-165.
- Fagbohunge, Michael O., Herbert, Ben M.J., Hurst, Lois., Ibeto, Cynthia N., Li, Hong., Usmani, Shams Q., Semple, Kirk T. (2017). The challenges of anaerobic digestion and the role of biochar in optimizing anaerobic digestion. *Waste Management* 61 (2017) 236–249.
- Feng, Huajun., Hu, Lifang., Mahmood, Qaisar, Qiu, Caidi., Fang, Chengran., Shen, Dongsheng. (2008). *Anaerobic domestic wastewater teratment with bamboo carrier anaerobic baffled reactor*. *International Biodeterioration and Biodegradation* 62 (18 June 2008) 232-238

- Fitriyah, N. R. (2011). *Studi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu untuk Pupuk Cair Tanaman* (Studi Kasus Pabrik Tahu Kenjeran). Surabaya: Teknik Lingkungan.
- Germadi, Arif., Marbun, Trifena Karunia. (2017). Studi Pengelolaan limbah cair pabrik tahu di Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Probolinggo. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Departemen Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan. Surabaya.
- Hagos, K., Zong, J., & Liu, D. L. C. (2016). *Anaerobic Co-Digestion Process For Biogas Production: Progress, Challenges And Perspectives*. State Key Laboratory of Materials-Oriented Chemical Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing 210009, China
- Hindarko, S. (2003). *Mengolah Air Limbah Supaya Tidak Mencari Lain*. ESHA, Jakarta
- Holm-Nielsen, J.B., Al Seadi, T., Oleskowicz-Popiel, P., (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresour. Technol.* 100 (22), 5478–5484.
- Indriyati. (1997). *Optimasi Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kecap Secara Biologi menggunakan Reaktor tipe Fixed Bed*. Universitas Indonesia. Jakarta: xiv + 103 hlm
- Indriyati. (2005). *Pengolahan Limbah Cair Organik Secara Biologi Menggunakan Reaktor Anaerobik Lekat Diam*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta. Pusat Teknologi Lingkungan.
- Kim, D. H., Lee, Y. D., & Kim, M. S. (2011). *Enhanced Biohydrogen Production From Tofu Residue By Acid/Base Pretreatment and Sewage Sludge Addition. Korea*. Science Direct. *International Journal of Hydrogen Energy* 36 (2011) 13922-13927
- Krech, D., Crutchfield, Richard. (1982). *Elements of psychology* 4th ed. Random House Inc; Subsequent edition. ISBN-13: 978-0394324173.
- Krieg, N.R., Holt. J. G. (1984). *Bergey Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 1. The Williams & Wilkins Co., Baltimore: xxvii: 964 hlm
- Lawalata, G.M. (2013). *Prinsip-Prinsip Pembangunan Jalan Berkelanjutan*. Jurnal transportasi Vol 13 No. 2. Jakarta. Agustus 2013: 115-124

- Lemmer, Andreas., Merkle, Wolfgang., Baer, Karina., Graf, Frank. (2017). Effects of high-pressure anaerobic digestion up to 30 bar on pH-value, production kinetics and specific methane yield. *Energy* 138 (2017) 659-667. Science Direct. Elsevier.
- Lins, Philipp., Reitschuler, Christoph., Ilmer, Paul. (2015). Impact of several antibiotics and 2-bromoethanesulfonate on the volatile fatty acid degradation, methanogenesis and community structure during thermophilic anaerobic digestion. *Bioresource Technology*. Volume 190, Pages 148–158.
- Mays, L.W. (1996). *Water resources handbook*. McGraw-Hill. New York. p: 8.27-8.28.
- Metcalf, Eddy (1991). *Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse*. 3rd ed. (Revised by: G. Tchobanoglous and F.L. Burton). McGraw-Hill, Inc. New York, Singapore. 1334 p.
- Metcalf., Eddy. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. The McGraw Hill Companies, Inc. EISBN 0-07-112250-8
- Miller, T. G, Jr., Spoolman E. Scoot. (2012). *Living In The Environment*. Canada : Brooks/Cole
- Nawawi, Hadari, (1995). *Instrumen Penelitian Bidang Sosial*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Notoatmodjo, S. (2010). *Ilmu perilaku kesehatan*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Nugroho, Darmawan Ari., Aji, Pradipta. (2015). Characterization of Nata de Coco Produced by Fermentation of Immobilized *Acetobacter xylinum*. Faculty of Agricultural Technology, Gadjah Mada University. The 2014 International Conference on Agro-industry (ICoA): Competitive and sustainable Agro-industry for Human Welfare. Science Direct. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 3 (2015) 278 – 282.
- Nurhadi. (2010). *Evaluasi Kinerja Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (ASB) dan Downflow Hanging Sponge (DHS) dalam Mengolah Air Limbah Domestik: Kajian Terhadap Kualitas Air Waduk Setiabudi Jakarta Selatan*. Universitas Indonesia. Jakarta: xxv + 108 hlm + 28 Lampiran

- Nurhasan, A. dan Pramudyanto, B. D. (1997). *Penanganan air limbah industri tahu*. Semarang. Yayasan Bina Karya Lestari dan Wahana Lingkungan Hidup Indonesia
- Nurhasan, Pramudyanto, B.B., (1991). *Penanganan Air Limbah Pabrik Tahu*. Yayasan Bina Kasta Lestari Bintarti. Semarang
- Oktriani, A. (2016). *Analisis Perilaku Pengusaha Industri Kecil Pada Pengolahan Limbah Cair*. (Kasus: Industri Batu Alam, Kecamatan Dukupuntang, Kabupaten Cirebon). Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana. Jakarta
- Palmerg, I.E., & Kuru, J. (2000). Outdoor Activities as a Basis for Environmental Responsibility. *Journal of Environmental Education*, 31 (4), 32-37.
- Patel, H., Madamwar, D. (2002). *Effects of temperature and organic loading rates on biomethanations of acidic petrochemical wastewater using anaerobic upflow fixed film reactor*. India. *Bioresource Technology* 82 (2002) 65-67
- Prasetyadi., Indriyati. (2013). *Pengolahan limbah cair industri tahu menjadi biogas*. Peneliti bidang teknologi konservasi dan pemulihan kualitas lingkungan. Pusat teknologi Lingkungan Kedeputian TPSA.
- Purwanto, H. (1999). *Pengantar perilaku manusia untuk keperawatan*. Jakarta: EGC.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Setjen Pertanian. (2014). *Buletin Konsumsi Pangan*. Jl. Harsono RM No.3 Gedung D Lt.IV Ragunan Jakarta Selatan. Vol. 5 No. 2
- Rachmawati, L. (1994). *Pengaruh penambahan beberapa konsentrasi sukrosa dan $NH_4H_2PO_4$ dalam pembuatan nata dari limbah cair tahu*. Skripsi S1-Biologi. FMIPA-UI, Depok: ix + 85 hlm
- Raheem, Abdur., Hassan, Mohammad Yusri., Shakoor, Rabia. (2016). Bioenergy from anaerobic digestion in Pakistan: Potential, development and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 59 (2016) 264–275
- Rajeshwari, K.V., Balakrishnan, M., Kansal, A., Lata, K., & Kishore, V.V.N. (1999). *State of the art of anaerobic digestion technology for industrial wastewater treatment*. New Delhi. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 4 (2000) 135 – 156

- Ramdhani, M. D., & Handjani, M. (2008). *Penyisihan Senyawa Organik Pada Biowaste Fasa Cair Menggunakan Upflow Anaerobic Fixed Bed Reactor Dengan Media Penunjang Bambu*. Teknik Lingkungan ITB. DFG/BMZ/PROJECT (GA 546/4-1), 2008.
- Rizal, Reda. (2013). *Manajemen Ekologi Industri*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 2013. ISBN: 978-979-456-533-9.
- Rizal, Reda. (2017). *Manufaktur Berkelanjutan/Manufaktur Hijau*. Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta (Penerbit LPPM-UPNVJ), 2017. ISBN: 978-602-73114-2-8.
- Sabour SAA. 2005. Quantifying the External Cost of Oil Consumption within the Context of Sustainable Development. *Jurnal Energy Policy*. No. 33: 809-813
- Salim, Emil. (2015). *Modul Pelatihan membuat nata de coco*. Agrotekno Consultant Pusat Pelatihan Agroindustri. Yogyakarta.
- Santoso, I. (1996). Pengaruh pH awal terhadap pertumbuhan 3 strain bakteri *Acetobacter xylinum* UICC pada limbah tahu. Laporan Penelitian LP-UI
- Santoso, I. (1999). Pemanfaatan limbah cair tahu untuk produksi nata de soya menggunakan *acetobacter xylinum* P1007. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Departemen Biologi. Universitas Indonesia.
- Shaffitri, Lidya Rahma. (2011). *Internalisasi Biaya Eksternal Pengolahan Limbah Tahu (Studi kasus: Desa Kalisari Kecamatan Cilongok, Purwokerto)*. Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan. Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor.
- Sinsky, A., S. Jamas., D. Easson., C. Rha. (1986). *Biopolymers and modified polysaccharides*. Biotechnology in food processing. Noyes Publ., New Jersey: 73-114.
- Skinner, F.A., Lovelock D.W. (1979). Identification methods for microbiologists. 2nd ed. Academic Press, London: 33-47
- Soetarno. (2004). *Ragam Budaya Indonesia*. Direktorat Pembinaan Pendidikan Tenaga Kependidikan dan Ketenagaan Perguruan Tinggi-Dirjen Dikti-Depdiknas: Jakarta

- Stams, A.J.M., Elfrink, S.J.W.H.O., & Westerman, P. (2003). *Metabolic Interactions Between Methanogenic Consortia and Anaerobic Respiring Bacteria*. Wageningen. School of Engineering and Applied Science, Civil and Environmental Engineering Dept. Advances in Biochemical Engineering/ Biotechnology, Vol. 81. Springer
- Stronach, S. M., Ruud, T., Lester, J. N. (1986). Anaerobic Digestion Processes in Industrial Waste Water Treatment. Biotechnology Monographs, Springer – Verlag, Berlin Heidelberg.
- Suparmoko, M. & Ratnaningsih, M. (2012). *Ekonomika Lingkungan Edisi 2 Revisi*. Fakultas Ekonomika dan Bisnis Universitas Gajah Mada (UGM). Yogyakarta: xviii + 430 hlm.
- United Nations. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development Our Common Future*. Oslo : Gro Harlem Brundland
- UPT Laboratorium lingkungan. (2017). Sertifikat hasil uji nomor 660/315/425.116.3/UPTLAB/2017 inlet IPAL Proma. Dinas Lingkungan Hidup Kota Probolinggo.
- UPT Laboratorium lingkungan. (2017). Sertifikat hasil uji nomor 660/316/425.116.3/UPTLAB/2017 outlet IPAL Proma. Dinas Lingkungan Hidup Kota Probolinggo.
- Verschuren, P. G., Cardona, T. D., Nout, M. J., De Gooijer, K. D., & Van den Heuvel, J. C. (2000). Location and limitation of cellulose production by *Acetobacter xylinum* established from oxygen profiles. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 89(5), 414e419.
- Wahyuni, Sri. (2009). Biogas. Jakarta: Penebar Swadaya
- Weiland, P. (1987). *Development of anerobic filters for treatment of high strength agro industrial waste water*. *Bio Process Engineering*, 2, 39 – 47, Springer – verlag.
- Wulfret, K. (1985). *Two-phase Digester of Distillery Slops Using A. Fixed Bed Rector for Biomehanation*. In : Palz, W : Coombs. J : Hall. D. O (Eds) : Energy From Biomass. Elsevier, p. 562, London, New York.
- Yao, Jingang., Kraussler, Michael., Benedikt, Florian., Hofbauer, Hermann. (2017). Techno-economic assessment of hydrogen production based on dual

fluidized bed biomass steam gasification, biogas steam reforming, and alkaline water electrolysis processes. *Energy Conversion and Management* 145 (2017) 278–292.

Zhang, Jiachao., Yang, Yichong., Deng, Jian., Wang, Yanmei., Hu, Qisong., Li, Congfa., Liu, Sixin. (2017). Dynamic profile of the microbiota during coconut water pre-fermentation for nata de coco production. Hainan University, Haikou China. Elsevier. *LWT - Food Science and Technology* 81 (2017) 87e93.

Lampiran 1. Lembar Pengisian Kuesioner

Yang Terhormat Bapak/Ibu,

Saya Laras Andria Wardani, mahasiswi Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia (SIL UI). Saya sedang melakukan penelitian “Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu”. Informasi yang Bapak/Ibu berikan akan membantu saya untuk menganalisis persepsi masyarakat mengenai manfaat pengolahan limbah cair industri tahu. Saya mengharapkan kesediaan Bapak/Ibu untuk berpartisipasi pada wawancara ini dengan memberikan jawaban yang sebenarnya atas pertanyaan-pertanyaan yang akan diajukan. Informasi yang Bapak/Ibu berikan bersifat rahasia.

PERTANYAAN KUESIONER

Karakteristik Responden

1. Nama :
2. Usia:
 - a. 8-28 tahun
 - b. 29-39 tahun
 - c. 40-50 tahun
 - d. 51-61 tahun
 - e. 62-100 tahun
3. Pendidikan terakhir
 - a. Setingkat SD
 - b. Setingkat SMP
 - c. Setingkat SMA
 - d. Setingkat S1
4. Mata Pencaharian:
 - a. Karyawan cv promatun sarroyan
 - b. Petani
 - c. Buruh
 - d. Pedagang
 - e. Ibu rumah tangga
 - f. Guru

5. Lama Tinggal di daerah tersebut:
- 0-5 tahun
 - 5-15 tahun
 - 16-30 tahun
 - 31-45 tahun
 - >45 tahun

Pengetahuan Masyarakat

6. Apakah Saudara mengetahui jenis limbah yang dihasilkan oleh industri tahu:
- Limbah cair
 - Limbah padat
 - Limbah gas
 - Limbah gas dan Limbah cair
 - Limbah cair dan Limbah padat
 - Limbah padat dan Limbah gas
 - Limbah padat, Limbah cair, dan Limbah gas
7. Apakah ada dampak negatif dari limbah industri tahu yang dibuang ke lingkungan:
- Ada
 - tidak ada
8. Apakah anda pernah melakukan protes mengenai limbah yang dihasilkan dari industri tahu:
- Pernah
 - Tidak pernah
9. Pentingnya limbah cair tahu harus diolah:
- Penting
 - Tidak Penting
10. Pendapat Saudara tentang keberadaan pengolahan limbah cair di pabrik tahu Proma:
- Menguntungkan
 - sama saja keadaannya
 - merugikan

11. Menurut Saudara apakah akibatnya jika limbah cair yang dihasilkan industri tahu tersebut dibuang langsung di lingkungan tanpa adanya pengolahan:
- Tidak ada
 - Lingkungan bersih
 - Biogas
 - Biogas dan lingkungan bersih
12. Apakah Saudara mengetahui apa saja keuntungan yang dapat dihasilkan dari pengolahan limbah cair di industri tahu CV. Promatun arroyan:
- tidak berbahaya dan tidak merugikan
 - berbahaya namun tidak merugikan
 - berbahaya dan merugikan

Pemanfaatan Biogas

13. Lama penggunaan biogas:
- ≤ 1 tahun
 - 2 tahun
 - 3 tahun
14. Guna Pemanfaatan Biogas:
- memasak kebutuhan sehari-hari
 - memasak makanan untuk dijual
15. Jumlah orang dalam satu Keluarga
- 1-2 orang
 - 3-4 orang
 - 5-6 orang
 - 7-8 orang
16. Jenis Bahan bakar sebelum menggunakan biogas:
- LPG
 - Kayu Bakar
 - LPG dan kayu bakar
17. Penggunaan bahan bakar LPG 3 kg perbulan sebelum menggunakan biogas:
- 1 tabung
 - 2 tabung
 - 3 tabung

- d. 4 tabung
 - e. 8 tabung
18. Penggunaan bahan bakar LPG 3 kg perbulan setelah menggunakan biogas:
- a. 0 tabung
 - b. 1 tabung
 - c. 2 tabung
19. Penggunaan jumlah tungku biogas dalam 1 keluarga:
- a. 1 tungku
 - b. 2 tungku
 - c. 3 tungku
 - d. 4 tungku
20. Lama waktu memasak dengan menggunakan biogas
- a. 1-2 Jam
 - b. 3-4 Jam
 - c. 5-6 Jam
21. Alasan penggunaan biogas
- a. Aman
 - b. Hemat
 - c. Ramah Lingkungan
 - d. Aman dan Hemat
 - e. Aman, Hemat, Dan Ramah Lingkungan
22. Kendala pemakaian biogas
- a. Tidak ada
 - b. Biogas tidak mampu memenuhi kebutuhan sehari-hari
 - c. Biogas tidak dapat dipakai pada hari-hari tertentu

Lampiran 2. Rekap hasil kuesioner

Tabel 1. Karakteristik Responden

No	Nama	1)Umur	2)Pendidikan	3)Mata Pencaharian	4)Lama Tinggal
1	Sula	8-28 tahun	SMP	Ibu Rumah Tangga	5-15 tahun
2	Mila	40-50 tahun	SD	Ibu Rumah Tangga	>45 tahun
3	Atminah	29-39 tahun	SD	Ibu Rumah Tangga	16-30 tahun
4	Satun	29-39 tahun	SD	Ibu Rumah Tangga	16-30 tahun
5	Kasiani	40-50 tahun	SD	Petani	31-45 tahun
6	Weni	8-28 tahun	SD	Petani	5-15 tahun
7	Maryama	62-100 tahun	SD	Buruh	>45 tahun
8	Fatimah	40-50 tahun	SD	Ibu Rumah Tangga	>45 tahun
9	Alfia	51-61 tahun	S1	Ibu Rumah Tangga	>45 tahun
10	Tuti	40-50 tahun	SMA	Pedagang	>45 tahun
11	Sri Nawiyah	29-39 tahun	SMP	Buruh	16-30 tahun
12	Misbah	40-50 tahun	SD	Buruh	16-30 tahun
13	Nurasin	51-61 tahun	SD	Ibu Rumah Tangga	>45 tahun
14	Buya	40-50 tahun	SD	Pedagang	>45 tahun
15	Iis	29-39 tahun	SMP	Ibu Rumah Tangga	31-45 tahun
16	Telas	40-50 tahun	SMP	Pedagang	>45 tahun
17	Sulami	40-50 tahun	SMA	Ibu Rumah Tangga	>45 tahun
18	Supiati	62-100 tahun	SD	Karyawan CV Proma Tun Sarroyan	>45 tahun
19	Atnati	40-50 tahun	SD	Pedagang	>45 tahun
20	Siati	40-50 tahun	SD	Karyawan CV Proma Tun Sarroyan	>45 tahun
21	Burya	29-39 tahun	SD	Karyawan CV Proma Tun Sarroyan	31-45 tahun
22	Ernawati	29-39 tahun	SD	Ibu Rumah Tangga	31-45 tahun
23	Supaidah	40-50 tahun	SMP	Pedagang	>45 tahun

Tabel 1. Karakteristik Responden (lanjutan)

No	Nama	1)Umur	2)Pendidikan	3)Mata Pencaharian	4)Lama Tinggal
24	Waris	40-50 tahun	SD	Buruh	>45 tahun
25	Buni	29-39 tahun	SD	Ibu Rumah Tangga	16-30 tahun
26	Sulatri	62-100 tahun	SD	Ibu Rumah Tangga	31-45 tahun
27	Daryati	62-100 tahun	SD	Ibu Rumah Tangga	>45 tahun
28	Tulik	29-39 tahun	S1	Pns Guru	16-30 tahun
29	Layla	29-39 tahun	S1	Pns Guru	16-30 tahun
30	Suaidah	62-100 tahun	SMA	Ibu Rumah Tangga	>45 tahun
31	Sami	62-100 tahun	SD	Karyawan CV Proma Tun Sarroyan	>45 tahun
32	Sunarsih	40-50 tahun	SD	Buruh	31-45 tahun
33	Misni	40-50 tahun	SD	Buruh	>45 tahun
34	Nanuk	29-39 tahun	SD	Pedagang	5-15 tahun
35	Ita	8-28 tahun	SMA	Ibu Rumah Tangga	16-30 tahun
36	Wakidatul	8-28 tahun	S1	Ibu Rumah Tangga	16-30 tahun

Tabel 2. Pengetahuan Masyarakat

No	Nama	5)Limbah industri tahu	6)Dampak negatif limbah ke lingkungan	7)Protes	8)Limbah cair diolah
1	Sula	Padat	Ada	Tidak pernah	Penting
2	Mila	Gas dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
3	Atminah	Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
4	Satun	Gas dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
5	Kasiani	Gas dan Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
6	Weni	Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
7	Maryama	Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
8	Fatimah	Gas dan Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
9	Alfia	Padat, Gas, dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
10	Tuti	Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
11	Sri Nawiyah	Gas dan Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting

Tabel 2. Pengetahuan Masyarakat (lanjutan)

No	Nama	5)Limbah industri tahu	6)Dampak negatif limbah ke lingkungan	7)Protes	8)Limbah cair diolah
12	Misbah	Gas dan Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
13	Nurasin	Gas dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
14	Buya	Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
15	Iis	Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
16	Telas	Gas dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
17	Sulami	Padat, Gas, dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
18	Supiati	Padat, Gas, dan Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
19	Atnati	Gas dan Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
20	Siati	Gas dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
21	Burya	Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
22	Ernawati	Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
23	Supaidah	Gas dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
24	Waris	Gas dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
25	Buni	Gas dan Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
26	Sulatri	Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
27	Daryati	Gas dan Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
28	Tulik	Padat, Gas, dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
29	Layla	Padat, Gas, dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
30	Suaidah	Padat, Gas, dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
31	Sami	Gas dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
32	Sunarsih	Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting
33	Misni	Padat, Gas, dan Cair	Tidak ada	Pernah	Penting
34	Nanuk	Padat, Gas, dan Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
35	Ita	Cair	Ada	Tidak pernah	Penting
36	Wakidatul	Gas dan Cair	Tidak ada	Tidak pernah	Penting

Tabel 2. Pengetahuan Masyarakat (lanjutan)

No	Nama	9)keberadaan pengolahan limbah pabrik tahu Proma	10)manfaat pengolahan limbah	11)akibat limbah cair dibuang ke lingkungan
1	Sula	Menguntungkan	Biogas	Berbahaya dan merugikan
2	Mila	Menguntungkan	Biogas	Berbahaya dan merugikan

Tabel 2. Pengetahuan Masyarakat (lanjutan)

No	Nama	9)keberadaan pengolahan limbah pabrik tahu Proma	10)manfaat pengolahan limbah	11)akibat limbah cair dibuang ke lingkungan
3	Atminah	Menguntungkan	Biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
4	Satun	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya dan merugikan
5	Kasiani	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
6	Weni	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
7	Maryama	Menguntungkan	Lingkungan bersih	Berbahaya dan merugikan
8	Fatimah	Menguntungkan	Biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
9	Alfia	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya dan merugikan
10	Tuti	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
11	Sri Nawiyah	Menguntungkan	Biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
12	Misbah	Menguntungkan	Biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
13	Nurasin	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya dan merugikan
14	Buya	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
15	Iis	Menguntungkan	Biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
16	Telas	Menguntungkan	Lingkungan bersih	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
17	Sulami	Menguntungkan	Biogas	Berbahaya dan merugikan
18	Supiati	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
19	Atnati	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
20	Siati	Menguntungkan	Biogas	Berbahaya dan merugikan
21	Burya	Menguntungkan	Biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
22	Ernawati	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
23	Supaidah	Menguntungkan	Biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
24	Waris	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya namun tidak merugikan
25	Buni	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
26	Sulatri	Menguntungkan	Biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan

Tabel 2. Pengetahuan Masyarakat (Lanjutan)

No	Nama	9)keberadaan pengolahan limbah pabrik tahu Proma	10)manfaat pengolahan limbah	11)akibat limbah cair dibuang ke lingkungan
27	Daryati	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya dan merugikan
28	Tulik	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya namun tidak merugikan
29	Layla	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya namun tidak merugikan
30	Suaidah	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya namun tidak merugikan
31	Sami	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
32	Sunarsih	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya dan merugikan
33	Misni	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya dan merugikan
34	Nanuk	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan
35	Ita	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Berbahaya dan merugikan
36	Wakidatul	Menguntungkan	Lingkungan bersih dan biogas	Tidak berbahaya dan tidak merugikan

Tabel 3. Pemanfaatan Biogas

No	Nama	12)Lama menggunakan biogas	13)Pemanfaatan biogas	14)Jumlah org dlm 1 keluarga
1	Sula	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
2	Mila	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
3	Atminah	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
4	Satun	1-2 tahun	memasak makanan untuk dijual	5-6 orang
5	Kasiani	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
6	Weni	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
7	Maryama	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
8	Fatimah	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
9	Alfia	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
10	Tuti	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
11	Sri Nawiyah	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
12	Misbah	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
13	Nurasin	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
14	Buya	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
15	Iis	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
16	Telas	3-4 tahun	memasak makanan untuk dijual	3-4 orang
17	Sulami	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang

Tabel 3. Pemanfaatan Biogas (lanjutan)

No	Nama	12)Lama menggunakan biogas	13)Pemanfaatan biogas	14)Jumlah org dlm 1 keluarga
18	Supiati	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
19	Atnati	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	7-8 orang
20	Siati	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
21	Burya	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
22	Ernawati	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
23	Supaidah	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	1-2 orang
24	Waris	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
25	Buni	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
26	Sulatri	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
27	Daryati	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
28	Tulik	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
29	Layla	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	5-6 orang
30	Suaidah	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	1-2 orang
31	Sami	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	1-2 orang
32	Sunarsih	3-4 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
33	Misni	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	3-4 orang
34	Nanuk	3-4 tahun	memasak makanan untuk dijual	3-4 orang
35	Ita	<1 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	1-2 orang
36	Wakidatul	1-2 tahun	memasak kebutuhan sehari-hari	1-2 orang

Tabel 3. Pemanfaatan Biogas (lanjutan)

No	Nama	15)Penggunaan bahan bakar sebelum menggunakan biogas?	16)sebelum menggunakan biogas, berapa tabung LPG 3kg yang digunakan perbulan?	17)setelah menggunakan biogas, berapa tabung LPG 3kg yang digunakan perbulan?	18)Jumlah Tungku
1	Sula	LPG	2 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
2	Mila	LPG	4 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
3	Atminah	LPG	4 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
4	Satun	LPG dan kayu bakar	4 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
5	Kasiani	LPG	3 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
6	Weni	Kayu Bakar	0 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
7	Maryama	LPG	3 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
8	Fatimah	LPG	3 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
9	Alfia	LPG	3 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
10	Tuti	LPG	2 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
11	Sri Nawiyah	LPG	2 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
12	Misbah	LPG	1 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
13	Nurasin	LPG	3 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku

Tabel 3. Pemanfaatan Biogas (lanjutan)

No	Nama	15)Penggunaan bahan bakar sebelum menggunakan biogas?	16)sebelum menggunakan biogas, berapa tabung LPG 3kg yang digunakan perbulan?	17)setelah menggunakan biogas, berapa tabung LPG 3kg yang digunakan perbulan?	18)Jumlah Tungku
14	Buya	LPG	1 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
15	Iis	LPG	3 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
16	Telas	LPG	2 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
17	Sulami	LPG	1 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
18	Supiati	LPG	4 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
19	Atnati	LPG	4 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
20	Siati	LPG	2 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
21	Burya	LPG	3 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
22	Ernawati	LPG	3 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
23	Supaidah	Kayu Bakar	0 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
24	Waris	LPG	2 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
25	Buni	Kayu Bakar	0 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
26	Sulatri	LPG	2 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
27	Daryati	LPG	3 tabung LPG	0 tabung LPG	4 tungku
28	Tulik	LPG	2 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
29	Layla	LPG	2 tabung LPG	0 tabung LPG	1 tungku
30	Suaidah	LPG	1 tabung LPG	0 tabung LPG	1 tungku
31	Sami	LPG	1 tabung LPG	0 tabung LPG	1 tungku
32	Sunarsih	Kayu Bakar	0 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
33	Misni	Kayu Bakar	0 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
34	Nanuk	LPG	8 tabung LPG	1 tabung LPG	4 tungku
35	Ita	LPG dan kayu bakar	1 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku
36	Wakidatul	LPG	2 tabung LPG	0 tabung LPG	2 tungku

Tabel 3. Pemanfaatan Biogas (lanjutan)

No	Nama	19)Lama Memasak (Jam)	20)Alasan Menggunakan Biogas	21)Kendala Pemakaian Biogas
1	Sula	1-2 jam	hemat	tidak ada
2	Mila	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
3	Atminah	3-4 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
4	Satun	3-4 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
5	Kasiani	3-4 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
6	Weni	1-2 jam	aman dan hemat	tidak ada
7	Maryama	3-4 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada

Tabel 3. Pemanfaatan Biogas (lanjutan)

No	Nama	19)Lama Memasak (Jam)	20)Alasan Menggunakan Biogas	21)Kendala Pemakaian Biogas
8	Fatimah	1-2 jam	aman dan hemat	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
9	Alfia	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada
10	Tuti	1-2 jam	aman dan hemat	tidak ada
11	Sri Nawiyah	3-4 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
12	Misbah	1-2 jam	hemat	tidak ada
13	Nurasin	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
14	Buya	1-2 jam	aman dan hemat	tidak ada
15	Iis	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada
16	Telas	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada
17	Sulami	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
18	Supiati	3-4 jam	aman dan hemat	tidak ada
19	Atnati	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
20	Siati	1-2 jam	aman dan hemat	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
21	Burya	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada
22	Ernawati	1-2 jam	aman dan hemat	tidak ada
23	Supaidah	3-4 jam	aman dan hemat	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
24	Waris	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada
25	Buni	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada
26	Sulatri	1-2 jam	aman dan hemat	tidak ada
27	Daryati	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada
28	Tulik	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
29	Layla	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
30	Suaidah	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
31	Sami	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada
32	Sunarsih	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada
33	Misni	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu

Tabel 3. Pemanfaatan Biogas (lanjutan)

No	Nama	19)Lama Memasak (Jam)	20)Alasan Menggunakan Biogas	21)Kendala Pemakaian Biogas
34	Nanuk	5-6 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
35	Ita	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	biogas tidak dapat dipakai pada hari tertentu
36	Wakidatul	1-2 jam	aman, hemat dan ramah lingkungan	tidak ada

Lampiran 3. Lembar Pertanyaan Wawancara

Sehubung dengan pelaksanaan penelitian yang berjudul “**Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu**” Program studi ilmu lingkungan Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, yang dilakukan oleh Laras Andria Wardani (NPM 1506813012) berterimakasih atas waktu Bapak dalam memberikan informasi dan rekomendasi yang menunjang hasil penelitian. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat berguna bagi pengambil kebijakan dan seluruh masyarakat Kota Probolinggo dalam mengendalikan pencemaran yang telah terjadi. Seluruh percakapan dan informasi bersifat rahasia dan akan direkam, informasi ini hanya *digunakan untuk keperluan akademis semata yang menjaga etika akademik*. Terimakasih.

1. Menurut Bapak/Ibu, **Langkah apa yang paling tepat dalam menangani *effluent* limbah cair tahu hasil buangan IPAL?**
2. **Apakah dapat mempengaruhi secara signifikan terhadap penurunan pencemaran lingkungan?**
3. Pada penelitian saya, telah dilakukan pemanfaatan *effluent* limbah cair industri tahu yang dipadatkan dengan bantuan bakteri. Padatan selulosa yang telah terbentuk selanjutnya dikeringkan dan dijemur hingga menjadi lembaran elastis seperti kulit yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan. **Apakah Bapak/Ibu setuju dengan pemanfaatan *effluent* limbah cair tahu hasil buangan tahu menjadi kerajinan tangan?**
4. Namun karena pengolahan *effluent* limbah ini memanfaatkan bakteri, sehingga memerlukan waktu kurang lebih 14 hari hingga dapat menjadi padat. Menurut Bapak/Ibu, **efektifkah metode pemanfaatan tersebut?**
5. Menurut Bapak, **faktor-faktor apa yang harus dipersiapkan secara matang dalam melakukan pemanfaatan *effluent* limbah cair dengan metode pemanfaatan tersebut?**

Lampiran 4. Rekap Hasil Wawancara

Wawancara kepada Ibu Pemilik Industri Tahu Proma

1. Menurut Ibu, Langkah apa yang paling tepat dalam menangani *effluent* limbah cair tahu hasil buangan IPAL?

Jawab: **Kalau Masalah ini saya kurang faham.**

2. Apakah dapat mempengaruhi secara signifikan terhadap penurunan pencemaran lingkungan?

Jawab: -

3. Pada penelitian saya, telah dilakukan pemanfaatan *effluent* limbah cair industri tahu yang dipadatkan dengan bantuan bakteri. Padatan selulosa yang telah terbentuk selanjutnya dikeringkan dan dijemur hingga menjadi lembaran elastis seperti kulit yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan. Apakah Ibu setuju dengan pemanfaatan *effluent* limbah cair tahu hasil buangan tahu menjadi kerajinan tangan?

Jawab: **Ya saya setuju sekali**

4. Namun karena pengolahan *effluent* limbah ini memanfaatkan bakteri, sehingga memerlukan waktu kurang lebih 14 hari hingga dapat menjadi padat. Menurut Ibu, efektifkah metode pemanfaatan tersebut?

Jawab: **Ya kalau tidak ada cara lain, bagus juga yang penting bisa dimanfaatkan.**

5. Menurut Ibu, faktor-faktor apa yang harus dipersiapkan secara matang dalam melakukan pemanfaatan *effluent* limbah cair menjadi padatan untuk kerajinan tangan?

Jawab: **Gak tahu ya, saya gak faham hal ini.**

Wawancara kepada Pak Taufik BLH Kota Probolinggo

1. Menurut Bapak, Langkah apa yang paling tepat dalam menangani *effluent* limbah cair tahu hasil buangan IPAL?

Jawab: **Kalau menurut saya dihitung lagi apakah kapasitas IPAL sudah sesuai atautkah sistemnya sudah sesuai**

2. Apakah dapat mempengaruhi secara signifikan terhadap penurunan pencemaran lingkungan?

Jawab: -

3. Pada penelitian saya, telah dilakukan pemanfaatan *effluent* limbah cair industri tahu yang dipadatkan dengan bantuan bakteri. Padatan selulosa yang telah terbentuk selanjutnya dikeringkan dan dijemur hingga menjadi lembaran elastis seperti kulit yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan. Apakah Bapak setuju dengan pemanfaatan *effluent* limbah cair tahu hasil buangan tahu menjadi kerajinan tangan?

Jawab: **Siap setuju sekali..menunggu petunjuk selanjutnya.**

4. Namun karena pengolahan *effluent* limbah ini memanfaatkan bakteri, sehingga memerlukan waktu kurang lebih 14 hari hingga dapat menjadi padat. Menurut Bapak, efektifkah metode pemanfaatan tersebut?

Jawab: **Memang kalau lihat waktu akan berhubungan dengan volume penampungan tapi mungkin hasil lebih bernilai ekonomis sebagai produk sampingan.**

5. Menurut Bapak, faktor-faktor apa yang harus dipersiapkan secara matang dalam melakukan pemanfaatan *effluent* limbah cair menjadi padatan nata untuk kerajinan tangan?

Jawab: **Yang paling penting mungkin tempat penampungannya.. tempat penampungan bisa kerjasama dengan tetangga. misalnya dengan cara membuat kelompok kerajinan**

Pertanyaan Pak Taufiq BLH Kota Probolinggo: Apakah sisa air yg ada (setelah terbentuk padatan sdh memenuhi baku mutu)..sekuat apa padatan yg terbentuk ato bila dibandingkan dengan bahan lain?

Kira2 hampir 98% limbah cairnya bisa berubah bentuk menjadi padat. Untuk sisa limbah cair dr produksi nata memiliki kandungan asam asetat yang tinggi Pak. Sehingga bisa dimanfaatkan kembali menjadi umpan IPAL (limbah tahu yang dicampur dengan sisa limbah cair produksi nata). Atau limbah cair tersebut bisa dimanfaatkan menjadi bahan pupuk cair

Lampiran 5. Hasil uji laboratorium limbah cair tahu CV. Proma Tun Saroyyan

**UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO**
Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558

**KAN**
Komite Akreditasi Nasional
Laboratorium Pengujian
LP-1065-IDN

**SERTIFIKAT HASIL UJI
CERTIFICATE**
Nomor : 660 / 275 /425.116.3/UPTLAB/2017

IDENTITAS PEMILIK
Owner Identity

Nama : Annastya Devina Kurnia Putri
Name :
Alamat : Universitas Airlangga Surabaya
Address :

IDENTITAS CONTOH UJI
Sample Identity

Kode Contoh Uji : 272/TK/3008
Sample Code :
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Type of Sample :
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Outlet IPAL Proma
Sampling Location :
Petugas Pengambilan Contoh Uji : Taufik
Sampling Done By :
Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 30 Agustus 2017/ 11.25 WIB
Date/ Time of Sample Receiving in Laboratory :
Kondisi Contoh Uji : Sudah Dilakukan Pengawetan
Sample Condition (s) :

HASIL ANALISA
Result of Analysis

Terlampir Diterbitkan Di/ Tanggal : Probolinggo/ 19 September 2017
Enclosed Place/ Date of Issue

CATATAN Contoh uji diambil oleh petugas DLH Kota Probolinggo
Tanggal : 30 Agustus 2017 Jam : 11.25 WIB
Probolinggo, 19 September 2017

Mengetahui,
Kepala UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo


(Aricana N. ST)
19800126 200903 2 002
Penata


(Mery Dian Anggraini, A.Md)
Manajer Teknis
Technical Manager

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality
This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



Nomor : 660 / 275 /425.116.3/ UPTLAB/2017

Kode Contoh Uji : 272/TK/3008
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59:2008
Sampling Method

Tempat Analisa : UPT Laboratorium Lingkungan
Place of Analysis DLH Kota Probolinggo

Tanggal Analisa : 30 Agustus 2017 – 12 September 2017
Testing Date (s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1.	pH	-	6,84	6 – 9	SNI 06-6989.11-2004	Analisa di Lapangan
2.	COD**)	mg/L	1.193,86	300	SNI : 6989.2:2009	Analisa di Laboratorium
3.	BOD	mg/L	1.050,65	150	SNI : 6989.72-2009	Analisa di Laboratorium
4.	TSS	mg/L	167,50	100	SNI 06-6989.3-2004	Analisa di Laboratorium

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from
**) Belum masuk ruang lingkup akreditasi
MDL = Methode Detection Limit

Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku mutu air limbah bagi Industri dan/ atau kegiatan usaha lainnya

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality
This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO
Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0385) - 426558



SERTIFIKAT HASIL UJI CERTIFICATE

Nomor : 660 / 274 / 425.116.3 / UPTLAB / 2017

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama

Name

Alamat

Address

: Annastya Devina Kurnia Putri

: Universitas Airlangga Surabaya

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji

Sample Code

Jenis Contoh Uji

Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji

Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji

Sampling Done By

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji

Date/ Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji

Sample Condition (s)

: 271/TK/3008

: Air Limbah

: Inlet IPAL Proma

: Taufik

: 30 Agustus 2017/ 11.00 WIB

: Sudah Dilakukan Pengawetan

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir

Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Probolinggo/ 19 September 2017
Place/ Date of Issue

CATATAN

Contoh uji diambil oleh petugas DLH Kota Probolinggo

Tanggal : 30 Agustus 2017

Jam : 11.00 WIB

Probolinggo, 19 September 2017

Mengetahui,
Kepala UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Aricandra. N, ST)
19800126 200903 2 002

Penata

UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Mery Dian Anggraini, A.Md)
Manajer Teknis
Technical Manager

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality

This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



Nomor : 660 / 274 / 425.116.3 / UPTLAB/2017

Kode Contoh Uji : 271/TK/3008
Sample Code
Metode Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59:2008
Sampling Method
Tempat Analisa : UPT Laboratorium Lingkungan
Place of Analysis DLH Kota Probolinggo
Tanggal Analisa : 30 Agustus 2017 – 12 September 2017
Testing Date (s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1.	pH	-	4,87	SNI 06-6989.11-2004	Analisa di Lapangan
2.	COD**)	mg/L	4.397,91	SNI : 6989.2:2009	Analisa di Laboratorium
3.	BOD	mg/L	1.916,15	SNI : 6989.72-2009	Analisa di Laboratorium
4.	TSS	mg/L	650	SNI 06-6989.3-2004	Analisa di Laboratorium

^{*)} Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

^{**)} Belum masuk ruang lingkup akreditasi
MDL = Methode Detection Limit

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari
UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Environmental Laboratory Probolinggo Municipality

This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Angrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0385) - 426558



SERTIFIKAT HASIL UJI CERTIFICATE

Nomor : 660 / 273 / 425.116.3/UPTLAB/2017

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama

: Annastya Devina Kurnia Putri

Name

Alamat

: Universitas Airlangga Surabaya

Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji

: 270/TK/2908

Sample Code

Jenis Contoh Uji

: Air Limbah

Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji

: Outlet IPAL Proma

Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji

: Hendri

Sampling Done By

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji

: 29 Agustus 2017/ 14.45 WIB

Date/Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji

: Sudah Dilakukan Pengawetan

Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir

Diterbitkan Di/ Tanggal : Probolinggo/ 18 September 2017

Enclosed

Place/Date of Issue

CATATAN

Contoh uji diambil oleh petugas DLH Kota Probolinggo

Tanggal : 29 Agustus 2017

Jam : 14.45 WIB

Probolinggo, 18 September 2017

Mengetahui,
Kepala UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Aricana, N, ST)

19800126 200903 2 002

Penata

(Mery Dian Anggraini, A.Md)

Manajer Teknis

Technical Manager

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality

This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



Nomor : 660 / 273 /425.116.3/ UPTLAB/2017

Kode Contoh Uji : 270/TK/2908
Sample Code
Metode Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59:2008
Sampling Method
Tempat Analisa : UPT Laboratorium Lingkungan
Place of Analysis DLH Kota Probolinggo
Tanggal Analisa : 29 Agustus 2017 – 11 September 2017
Testing Date (s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1.	pH	-	6,91	6 – 9	SNI 06-6989.11-2004	Analisa di Lapangan
2.	COD**)	mg/L	1641,33	300	SNI : 6989.2:2009	Analisa di Laboratorium
3.	BOD	mg/L	1002,83	150	SNI : 6989.72-2009	Analisa di Laboratorium
4.	TSS	mg/L	160	100	SNI 06-6989.3-2004	Analisa di Laboratorium

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from
**) Belum masuk ruang lingkup akreditasi:
MDL = Methode Detection Limit

Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku mutu air limbah bagi Industri dan/ atau kegiatan usaha lainnya

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality
This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

JL. Angretek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



SERTIFIKAT HASIL UJI

CERTIFICATE

Nomor : 660 / 270 / 425.116.3 / UPTLAB/2017

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama

Name

Alamat

Address

: Annastya Devina Kurnia Putri

: Universitas Airlangga Surabaya

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji

Sample Code

Jenis Contoh Uji

Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji

Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji

Sampling Done By

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji

Date/Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji

Sample Condition (s)

: 267/TK/2908

: Air Limbah

: Inlet IPAL Proma

: Hendri

: 29 Agustus 2017/ 14.15 WIB

: Sudah Dilakukan Pengawetan

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir

Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Probolinggo/ 18 September 2017

Place/ Date of Issue

CATATAN

Contoh uji diambil oleh petugas DLH Kota Probolinggo

Tanggal : 29 Agustus 2017

Jam : 14.15 WIB

Probolinggo, 18 September 2017

Mengetahui,
Kepala UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Aricandra, N, ST)

19800126 200903 2 002

Penata

UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Mery Dian Anggraini, A.Md)

Manajer Teknis
Technical Manager

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality

This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



Nomor : 660 / 270 / 425.116.3 / UPTLAB/2017

Kode Contoh Uji : 267/TK/2908
Sample Code
Metode Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59:2008
Sampling Method
Tempat Analisa : UPT Laboratorium Lingkungan
Place of Analysis DLH Kota Probolinggo
Tanggal Analisa : 29 Agustus 2017 - 11 September 2017
Testing Date (s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1.	pH	-	4,57	SNI 06-6989.11-2004	Analisa di Lapangan
2.	COD**)	mg/L	7849,13	SNI : 6989.2:2009	Analisa di Laboratorium
3.	BOD	mg/L	1841,33	SNI : 6989.72-2009	Analisa di Laboratorium
4.	TSS	mg/L	756,25	SNI 06-6989.3-2004	Analisa di Laboratorium

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

**) Belum masuk ruang lingkup akreditasi
MDL = Methode Detection Limit

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari
UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
*This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Environmental Laboratory Probolinggo Municipality*

This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



SERTIFIKAT HASIL UJI
CERTIFICATE

Nomor : 660 / 312 / 425.116.3/UPTLAB/2017

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama

: Annastya Devina Kurnia Putri

Name

Alamat

: JL. Mulyorejo Kampus C

Address

Universitas Airlangga Surabaya

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji

: 309/TK/2609

Sample Code

Jenis Contoh Uji

: Air Limbah

Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji

: Inlet IPAL Proma

Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji

: Taufik

Sampling Done By

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji

: 26 September 2017 / 10.20 WIB

Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji

: Sudah Dilakukan Pengawetan

Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir

Diterbitkan Di/ Tanggal : Probolinggo/ 13 Oktober 2017

Endclosed

Place/ Date of Issue

CATATAN

Contoh uji diambil oleh petugas DLH Kota Probolinggo

Tanggal : 26 September 2017

Jam : 10.20 WIB

Probolinggo, 13 Oktober 2017

Mengetahui,
Kepala UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Aricandra. N, ST)
19800126 200903 2 002

Penata

UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Mery Dian Anggraini, A.Md)

Manajer Teknis
Technical Manager

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality

This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



Nomor : 660 / 312 / 425.116.3 / UPTLAB/2017

Kode Contoh Uji : 309/TK /2609
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59:2008
Sampling Method

Tempat Analisa : UPT Laboratorium Lingkungan
Place of Analysis DLH Kota Probolinggo

Tanggal Analisa : 26 September 2017 – 05 Oktober 2017
Testing Date (s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1.	pH	-	5,03	SNI 06-6989.11-2004	Analisa di Lapangan
2.	COD**)	mg/L	7.960,71	SNI : 6989.2:2009	Analisa di Laboratorium
3.	BOD	mg/L	1.887,74	SNI: 6989.72-2009	Analisa di Laboratorium
4.	TSS	mg/L	737,50	SNI 06-6989.3-2004	Analisa di Laboratorium

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from
**) Belum masuk ruang lingkup akreditasi
MDL = Metode Detection Limit

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari
UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and/or published without any approval from
Environmental Laboratory Probolinggo Municipality
This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



SERTIFIKAT HASIL UJI

CERTIFICATE

Nomor : 660 / 313 /425.116.3/UPTLAB/2017

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama

: Annastya Devina Kurnia Putri

Name

Alamat

: JL. Mulyorejo Kampus C

Address

Universitas Airlangga Surabaya

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji

: 310/TK/2609

Sample Code

Jenis Contoh Uji

: Air Limbah

Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji

: Outlet IPAL Proma

Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji

: Taufik

Sampling Done By

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji

: 26 September 2017 / 10.36 WIB

Date/Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji

: Sudah Dilakukan Pengawetan

Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir

Diterbitkan Di/ Tanggal : Probolinggo/ 13 Oktober 2017

Endclosed

Place/ Date of Issue

CATATAN

Contoh uji diambil oleh petugas DLH Kota Probolinggo

Tanggal : 26 September 2017

Jam : 10.36 WIB

Probolinggo, 13 Oktober 2017

Mengetahui,
Kepala UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Aricandra. N, ST)
19800126 200903 2 002

Penata

UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Mery Dian Anggraini, A.Md)

Manajer Teknis
Technical Manager

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality

This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



Nomor : 660 / 313 / 425.116.3 / UPTLAB/2017

Kode Contoh Uji : 310/TK /2609
Sample Code
Metode Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59:2008
Sampling Method
Tempat Analisa : UPT Laboratorium Lingkungan
Place of Analysis DLH Kota Probolinggo
Tanggal Analisa : 26 September 2017 – 05 Oktober 2017
Testing Date (s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1.	pH	-	7,03	6 – 9	SNI 06-6989.11-2004	Analisa di Lapangan
2.	COD**)	mg/L	1.842,64	300	SNI : 6989.2:2009	Analisa di Laboratorium
3.	BOD	mg/L	1.416,74	150	SNI : 6989.72-2009	Analisa di Laboratorium
4.	TSS	mg/L	138,33	100	SNI 06-6989.3-2004	Analisa di Laboratorium

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from
**) Belum masuk ruang lingkup akreditasi
MDL = Methode Detection Limit

Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku mutu air limbah bagi Industri dan/ atau kegiatan usaha lainnya

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and/or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality

This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

JL. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



SERTIFIKAT HASIL UJI CERTIFICATE

Nomor : 660 / 315 /425.116.3/UPTLAB/2017

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Annastya Devina Kurnia Putri
Name
Alamat : JL. Mulyorejo Kampus C
Address : Universitas Airlangga Surabaya

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : 312/TK/2709
Sample Code
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Type of Sample
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Inlet IPAL Proma
Sampling Location
Petugas Pengambilan Contoh Uji : Hendri, Taufik
Sampling Done By
Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 27 September 2017 / 10.25 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory
Kondisi Contoh Uji : Sudah Dilakukan Pengawetan
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir Diterbitkan Di/ Tanggal : Probolinggo/ 16 Oktober 2017
Enclosed Place/ Date of Issue

CATATAN

Contoh uji diambil oleh petugas DLH Kota Probolinggo
Tanggal : 27 September 2017 Jam : 10.25 WIB

Probolinggo, 16 Oktober 2017

Mengetahui,
Kepala UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Aricandra, N, ST)
19800126 200903 2 002
Penata

UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Mery Dian Anggraini, A.Md)
Manajer Teknis
Technical Manager

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality
This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Angrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



Nomor : 660 / 315 /425.116.3/ UPTLAB/2017

Kode Contoh Uji : 312/TK/2709
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59:2008
Sampling Method

Tempat Analisa : UPT Laboratorium Lingkungan
Place of Analysis DLH Kota Probolinggo

Tanggal Analisa : 27 September 2017 – 05 Oktober 2017
Testing Date (s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1.	pH	-	4,98	SNI 06-6989.11-2004	Analisa di Lapangan
2.	COD**)	mg/L	7.426,37	SNI : 6989.2:2009	Analisa di Laboratorium
3.	BOD	mg/L	1.770,74	SNI : 6989.72-2009	Analisa di Laboratorium
4.	TSS	mg/L	750	SNI 06-6989.3-2004	Analisa di Laboratorium

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from
**) Belum masuk ruang lingkup akreditasi
MDL = Methode Detection Limit

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari
UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
*This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Environmental Laboratory Probolinggo Municipality*
This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0385) - 426558



SERTIFIKAT HASIL UJI
CERTIFICATE

Nomor : 660 / 316 /425.116.3/UPTLAB/2017

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama

: Annastya Devina Kurnia Putri

Name

Alamat

: JL. Mulyorejo Kampus C

Address

Universitas Airlangga Surabaya

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji

: 313/TK/2709

Sample Code

Jenis Contoh Uji

: Air Limbah

Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji

: Outlet IPAL Proma

Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji

: Hendri, Taufik

Sampling Done By

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji

: 27 September 2017 / 10.40 WIB

Date/Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji

: Sudah Dilakukan Pengawetan

Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir

Diterbitkan Di/ Tanggal : Probolinggo/ 16 Oktober 2017

Endclosed

Place/ Date of Issue

CATATAN

Contoh uji diambil oleh petugas DLH Kota Probolinggo

Tanggal : 27 September 2017

Jam : 10.40 WIB

Probolinggo, 16 Oktober 2017

Mengetahui,
Kepala UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Aricandra N, ST)
19800126 200903 2 002

Penata

UPT Laboratorium Lingkungan
DLH Kota Probolinggo

(Mery Dian Anggraini, A.Md)

Manajer Teknis

Technical Manager

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikannya ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality

This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality



UPT. LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
KOTA PROBOLINGGO

Jl. Anggrek (Depan TPA), Telp/Fax : (0335) - 426558



Nomor : 660 / 316 / 425.116.3 / UPTLAB/2017

Kode Contoh Uji : 313/TK/2709
Sample Code
Metode Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59:2008
Sampling Method
Tempat Analisa : UPT Laboratorium Lingkungan
Place of Analysis DLH Kota Probolinggo
Tanggal Analisa : 27 September 2017 – 05 Oktober 2017
Testing Date (s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1.	pH	-	7,01	6 – 9	SNI 06-6989.11-2004	Analisa di Lapangan
2.	COD**)	mg/L	1.836,40	300	SNI : 6989.2:2009	Analisa di Laboratorium
3.	BOD	mg/L	1.604,24	150	SNI : 6989.72-2009	Analisa di Laboratorium
4.	TSS	mg/L	276,67	100	SNI 06-6989.3-2004	Analisa di Laboratorium

Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku mutu air limbah bagi Industri dan/ atau kegiatan usaha lainnya

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from
**) Belum masuk ruang lingkup akreditasi
MDL = Methode Detection Limit

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi ini tanpa izin dari UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh UPT Laboratorium Lingkungan DLH Kota Probolinggo
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Environmental Laboratory Probolinggo Municipality

This Certificate or report is valid after being stamped by Environmental Laboratory Probolinggo Municipality