

**DEGRADASI BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR TEPUNG IKAN
DENGAN PENAMBAHAN VARIASI KONSENTRASI BIOAKTIVATOR
DAN VARIASI LAMA FERMENTASI**

SKRIPSI

Oleh:

**GINANJAR AZZUKHRI AYU LILIASARI
NIM. 12620010/S-1**

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK

IBRAHIM MALANG

2016

**DEGRADASI BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR TEPUNG IKAN
DENGAN PENAMBAHAN VARIASI KONSENTRASI BIOAKTIVATOR
DAN VARIASI LAMA FERMENTASI**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam

Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:

GINANJAR AZZUKHRI AYU LILIASARI

NIM. 12620010/S-1

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK

IBRAHIM MALANG

2016

**DEGRADASI BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR TEPUNG IKAN DENGAN
PENAMBAHAN VARIASI KONSENTRASI BIOAKTIVATOR DAN
VARIASI LAMA FERMENTASI**

SKRIPSI

Oleh:

GINANJAR AZZUKHRI AYU LILIASARI

NIM. 12620010/S-1

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:

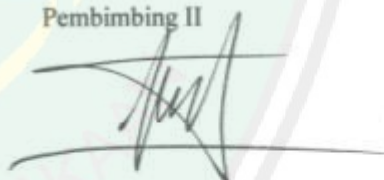
Tanggal:

Pembimbing I



Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si
NIP. 19650509 199903 2 002

Pembimbing II



Mujahidin Ahmad, M.Sc
NIPT. 2013 0902 1313

Mengetahui

Ketua Jurusan Biologi




Dr. Evika Sandi Savitri, MP
NIP.197410182003122002

**DEGRADASI BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR TEPUNG IKAN
DENGAN PENAMBAHAN VARIASI KONSENTRASI BIOAKTIVATOR
DAN VARIASI LAMA FERMENTASI**

SKRIPSI

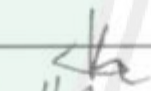
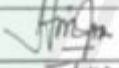
Oleh:

GINANJAR AZZUKHRI AYU LILIASARI

NIM. 12620010/S-1

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima
Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal:

Penguji Utama :	Drs.AgusSupriyanto, M.Kes	
Ketua Penguji :	Ir.Lilliek Harianie, MP	
Sekretaris Penguji :	Dr.Ulfah Utami, M.Si	
Anggota Penguji :	Mujahidin Ahmad, M.Sc	

Mengesahkan,

Ketua Jurusan Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, MP
NIP.197410182003122002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ginanjar Azzukhri Ayu

NIM : 12620010

Fakultas /Jurusan : Biologi/ Sains dan Teknologi

Judul penelitian : Degradasi Bahan Organik Limbah Cair Tepung Ikan dengan
Penambahan Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama
Fermentasi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 11 Januari 2017

Yang membuat pernyataan,



Ginanjar Azzukhri

NIM. 12620010

MOTTO

“Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum, sebelum kaum tersebut berusaha merubahnya”

Jadilah hamba Allah yang senantiasa berproses menjadi yang lebih baik lagi

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahhirabbil'alamin, segala puji syukur saya panjatkan kepada Allah s.w.t atas segala rahman rrahimNya kepada seluruh hambaNya. Kepada setiap doa-doa yang tak lelah saya panjatkan dan usaha yang saya lakukan, semoga Engkau berikan keberkahan didalamnya. Semoga skripsi yang telah saya lakukan ini bernilai ibadah dan membawa barokah. Juga kepada semua orang yang terlibat dalam pelaksanaan skripsi ini dan kepada Ibu Bapak dosen yang telah berkenan membimbing saya, semoga Allah melimpahkan kebarokahan ilmunya serta menjadikanya ladang pahala. Amin...

Terimakasih kepada Ayah Ibu atas doa-doanya yang tak lelah engkau panjatkan untukku, segala bentuk kasih sayangmu kepadaku. Kepada kedua adik kembarku terimakasih atas doa dan semangatnya, juga kepada seluruh keluarga besar Bani Shodiqin atas seluruh dukungan dan doanya.

Terimakasih kepada teman-teman Tim BIOGAS (Andi, Faridah dan Ainin) atas usaha, perjuangan dan kerja kerasnya selama ini. Semoga ilmu yang kalian dapat bermanfaat didunia dan menjadi ladang pahala di akhirat. Amin

Terimakasih kepada teman-teman Asrama Al-Ikhsan yang selalu memberikan dukungannya dan energi positif untuk segera menyelesaikan skripsi ini

Kepada Lina Ainun Nazilah dan Ainin Rosyidah yang bersedia mnejadi teman kamar dan teman berbagi cerita suka duka, yang sudah berkenan bersama-sama berproses menjadi pribadi yang lebih baik lagi.

Kepada seluruh teman-teman Biologi Angkatan 2012 dan teman sekelas Biologi A 2012 terimakasih atas doa-doa dan kebersamaannya selama ini

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah segala puji bagi Allah yang telah melimpahkan rahmat,taufiq, hidayah serta inayah-Nya kepada kami semua. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang telah menunjukkan kepada kita dari zaman jahiliyyah ke jalan yang terang yakni addinul islam, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi untuk memenuhi syarat memperoleh gelas Sarjana Sains (S,Si). Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang membantu dan mendukung untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

- 1 Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Sc selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
- 2 Dr. Hj. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- 3 Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku Ketua Jurusan Biologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- 4 Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si selaku pembimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
- 5 Drs. Agus Supriyanto, M.Kes selaku pembimbing dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini.
- 6 Mujahidin Ahmad, M.Sc, selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan bimbingan dan masukan keagamaan dalam menyelesaikan skripsi ini.
- 7 Ir. Liliek Hariantie, M.P dan seluruh dosen Biologi UIN maliki Malang yang telah menyalurkan ilmunya kepada penulis.
- 8 Mahrus Ismail, M.Si, Moh. Basyaruddin, M.Si, selaku kinerja dan laboran jurusan biologi dan Munajim selaku ketua Balai Penelitian dan Konsultasi Industri (BPKI) Surabaya yang telah meluangkan waktunya untuk membantu kinerja penelitian kami selama berlangsung.

- 9 Seluruf staf jurusan Biologi UIN malang yang selalu membantu dan melancarkan penelitian ini selama berlangsung.
- 10 Mahasiswa Biologi angkatan 2012 yang selalu memberi warna hidup, semangat dan tali persaudaran selama 4 tahun yang tidak pernah terlupakan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan masyarakat serta dapat dijadikan sebagai pusat Biologi yang berciri khas integrasi Sains dan Islam.

Malang, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK INDONESIA.....	xiii
ABSTRAK INGGRIS.....	xix
ABSTRAK ARAB.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Hipotesis.....	5
1.5 Manfaat penelitian.....	6
1.6 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Biogas.....	8
2.1.1 Definisi dan Kegunaan	8
2.1.2 Proses Produksi Biogas.....	9
2.1.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi biogas.....	14

2.2 Limbah Cair Tepung Ikan.....	18
2.2.1 Proses produksi limbah cair.....	18
2.2.2 Karakteristik limbah cair.....	21
2.3 Bioaktivator.....	27
2.4 Konsorsium Bakteri.....	28
2.4.1 <i>Bacillus sp</i>	28
2.4.2 <i>Bacillus subtilis</i>	31
2.4.3 <i>Bacillus licheniformis</i>	32
2.4.4 <i>Cellulomas sp</i>	33
2.4.5 <i>Pseudomonas putida</i>	34
2.4.6 <i>Pseudomonas flourescens</i>	35
2.5 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	36
2.6 Digester Biogas.....	37
2.7 Integrasi Hadits.....	39
BAB III METODE PENELITIAN.....	42
3.1 Rancangan Penelitian.....	42
3.2 Tempat dan Waktu.....	43
3.3 Alat dan Bahan.....	43
3.3.1 Alat.....	43
3.3.2 Bahan.....	44
3.4 Prosedur penelitian.....	44
3.4.1 Pembuatan Konsorsium Bioaktivator.....	44
3.4.2 Persiapan Bioreaktor anaerobik.....	45
3.4.3 Persiapan substrat biogas.....	47
3.4.4 Pemberian starter bioaktivator pada substrat.....	47
3.4.5 Tahap Fermentasi.....	48
3.5 Skema Prosedur.....	49

3.6 Variabel Penelitian.....	49
3.7 Analisis Data.....	50
3.8 Pengamatan parameter.....	50
3.9 Diagram dalam penelitian.....	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1 Pengaruh variasi konsentrasi bioaktifator dan variasi lama fermentasi terhadap penurunan TSS.....	53
4.2 Pengaruh variasi konsesntrasi bioaktifator dan variasi lama fermentasi terhadap kenaikan volume biogas.....	62
BAB V PENUTUP.....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

2.1 Tahapan Pembentukan metan.....	10
2.2 Reaksi Pembentukan Metana	14
2.3 <i>Bacillus subtilis</i>	31
2.4 <i>Bacilus licheniformis</i>	32
2.5 <i>Cellulomonas sp.</i>	33
2.6 <i>Pseudomonas putida</i>	34
2.7 <i>Pseudomonas flourescens</i>	35
2.8 Skema digester tipe batch.....	39
3.1 Bioreaktor anaerobik tipe <i>batch</i> skala laboratorium.....	46
3.2 Skema Penelitian.....	49
3.3 Diagram Alur Penelitian.....	52
4.1 Pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap nilai TSS.....	54
4.2 Pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap volume biogas.....	63

DAFTAR TABEL

2.1 Komposisi Biogas.....	9
2.2 Tahap Pembentukan Metan.....	9
2.3 Reaksi perubahan asam organik menjadi asam asetat.....	12
2.4 Analisa <i>effluen</i> Industri Tepung Ikan.....	26
2.5 Beban Pencemaran Limbah cair tepung ikan.....	26
3.1 Design Penelitian.....	43
3.2 Variasi komposisi substrat pada bioreaktor anaerobik.....	48
4.1 Pengaruh konsentrasi variasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap penurunan TSS.....	53
4.2 Analisis <i>Duncan</i> Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi terhadap Nilai TSS.....	56
4.3 Pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap Produksi volume biogas.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Kerja.....	76
a. Uji Pewarnaan Gram.....	76
b. Pembuatan Bioaktivator.....	77
c. Persiapan Substrat.....	78
Lampiran 2 Tabel Hasil Pengukuran.....	79
a. Pengamatan Volume Biogas.....	79
b. Pengamatan Ph.....	80
c. Analisis nilai TSS.....	81
d. Pengamatan suhu.....	82
e. Pengukuran Pertumbuhan Bakteri OD 100 ml.....	83
f. Pengukuran Pertumbuhan Bakteri OD 300 ml.....	84
g. Pengukuran Pertumbuhan Bakteri OD 1000 ml.....	84
h. Pengukuran Pertumbuhan Bakteri Konsorsium.....	84
Lampiran 3 Hasil Analisis SPSS Volume Biogas.....	84
a. Uji Normalitas.....	84
b. Uji Homogenitas.....	85
c. Anova Two Ways.....	85
Lampiran 4 Hasil Analisis TSS.....	85
a. Uji Normalitas.....	85
b. Uji Homogenitas.....	86
c. Anova Two Ways.....	86
d. Uji Duncan.....	87
Lampiran 5 Dokumentasi.....	88

ABSTRAK

Liliasari, Ginanjar Azzukhri Ayu. 2016. **Degradasi Bahan Organik Limbah Cair Tepung Ikan dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi**. Skripsi, Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si dan Mujahidin Ahmad, M.Sc

Kata Kunci: Biogas, Bioaktivator, Lama Fermentasi, TSS

Limbah merupakan hasil akhir dari sebuah aktivitas manusia maupun industri. Salah satu industri besar di Indonesia, khususnya Jawa Timur adalah Industri Perikanan. Peningkatan industri pengolahan ikan seperti tepung ikan berbanding lurus dengan jumlah limbah yang dihasilkan. Selain memberikan nilai suberdaya pada manusia, industri juga menimbulkan dampak negatif seperti polusi air, penularan sumber penyakit, dan yang menjadi sorotan adalah pencemaran air. Tingginya beban organik seperti protein, karbohidrat, dan lemak menjadikan perlu penanganan khusus limbah tepung ikan. Analisis limbah tepung ikan yakni protein 8,16%, lemak 11,31%, dan karbohidrat 2,84%. Salah satu alternatif pemanfaatan kandungan organik yakni energi alternatif biogas. Penggunaan sebagai biogas diharapkan mampu mendegradasi bahan organik. Akumulasi beban organik dapat diketahui dengan analisis TSS (*Total Suspended Solid*).

Penelitian ini menggunakan penelitian *experimental design* metode *batch* dengan limbah tepung ikan sebagai substrat dan penambahan bakteri bioaktivator. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni hingga September 2016 bertempat di *Greenhouse*, Laboratorium Mikrobiologi dan Genetika UIN Malang. Variabel bebas ini adalah konsentrasi bioaktivator 0%, 10%, dan 20% dan lama fermentasi 10, 17, dan 24 hari. Bakteri yang digunakan yakni *Bacillus subtilis*, *Bacteri licheniformis*, *Cellulomonas sp*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Pseudomonas putida*. Variabel terikat berupa pH, suhu, TSS, dan volume biogas. Penelitian ini terdiri atas 2 tahapan, yakni pembuatan bioaktivator dan tahap fermentasi.

Hasil penelitian biogas dengan perlakuan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap nilai TSS yakni pada konsentrasi bioaktivator 20% lama fermentasi 10 hari TSS sebesar 146,69 ppm. Namun, perlakuan bioaktivator dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap produksi volume biogas. Hanya saja didapatkan volume biogas tertinggi pada perlakuan bioaktivator 20% lama fermentasi 17 hari sebesar 21,33 ml.

ABSTRACT

Liliasari, Ginanjar Azzukhri Ayu. 2016. **The Degradation of Organic Liquid Fishmeal Waste Substance with additional concentration variation of Bio-activator and the variation of Fermentation time.** A Thesis of Biology Major at Science and Technology faculty of Maulana Malik Ibrahim Islamic State University Malang. Academic Advisors: Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si and Mujahidin Ahmad, M.Sc

Key words: Biogas, Bio-activator, fermentation time, TSS

Waste is the end result of a human activity and industry. One of the major industries in Indonesia, especially East Java is the Fishing Industry. The increase in the fish processing industry such as fish meal was directly proportional to the amount of waste were produced. In addition to providing value resource in humans, industry also have negative impacts such as water pollution, spread of diseases, and the spotlight was water pollution. The high organic loads such as proteins, carbohydrates, and fats made fishmeal waste need to be treated well. The fishmeal waste analysis were 8.16% protein, 11.31% fat, and 2.84% carbohydrate. One of the alternatives to the use of the organic content was the biogas energy alternatives. The use of biogas was expected to degrade the organic substance. The accumulation of organic loads can be determined by the analysis of TSS (Total Suspended Solid).

This research was experimental design by using batch method with the waste of fish meal as a substrate and the addition of bio-activator bacteria. This research was conducted from June to September 2016 held at Greenhouse, Laboratory of Microbiology and Genetics. The independent variables were bio-activator concentration of 0%, 10%, and 20% and fermentation time 10, 17, and 24 days. The bacteria were used namely *Bacillus subtilis*, *Licheniformis* bacteria, *Cellulomonas sp*, *Pseudomonas Flourescens*, and *Pseudomonas Putida*. The dependent variable was pH, temperature, TSS, and the volume of biogas. This study consisted of two phases, namely the manufacture of bio-activator and fermentation stage.

The result of Biogas research with the treatment of the variation of bio-activator concentration and the variation of fermentation time was significantly influenced ($p < 0.05$) to the value of the TSS at the concentration of bio-activator 20%, the fermentation time were 10 days and the TSS is about 146.69 ppm. However, bio-activator treatment and fermentation time did not significantly affect to the volume of Biogas production. The highest volume of Biogas was only obtained at the bio-activator treatment 20% with the long fermentation were 17 days about 21,33 ml.

مستخلص - البحث

ليلىا سارى، غينانجار الزوخري أبوا. 2016 . تردي المادة العضوية النفايات السائلة مسحوق السمك مع اضافة الاختلاف من التركيز الحيوي المنشط والاختلاف من طويل التخمر. بحث الجامعي. قسم البيولوجيا في كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم مالانج. إشراف : الدكتورة الحاجة ألفة أوتامي، الماجستير و مجاهدين أحمد، الماجستير.

الكلمة الأساسية : الغاز الحيوي، المنشط الحيوي، قسم التخمر، TSS

النفايات هي النتيجة النهائية للنشاط البشري والصناعة. واحدة من الصناعات الرئيسية في إندونيسيا، خصوصا حاوة الشرقية هي مجال صناعة صيد الأسماك. الزيادة في صناعة الأسماك مثل مسحوق السمك يتناسب طرديا مع كمية النفايات المنتجة. وبالإضافة إلى توفير قيمة الموارد في البشر، والصناعة، ولها أيضا آثار سلبية مثل تلوث المياه وانتشار الأمراض، والضوء هو تلوث المياه. الأحمال العضوية العالية مثل البروتينات والكربوهيدرات، والدهون تجعل من الضروري على مسحوق السمك النفايات معالجة خاصة. تحليل وجبة السمك البروتين تضيع 8.16٪، 11.31٪ من الدهون، والكربوهيدرات 2.84٪. بديل واحد لاستخدام المحتوى العضوي للبدائل الطاقة الغاز الحيوي. ومن المتوقع أن تتحلل المواد العضوية واستخدام الغاز الحيوي تراكم الحمل العضوي يمكن تحديده من خلال تحليل TSS (إجمالي موقوف الصلبة).

يستخدم هذا البحث التصميم التجريبي طرق البحث دفعي مع النفايات وجبة السمك باعتبارها الركيزة وإضافة البكتيرية الحيوي. وقد أجريت هذ البحث من يونيو وحتى سبتمبر 2016 الذي عقد في "Green House"، ومختبر علم الأحياء الدقيقة وعلم الوراثة. المتغيرات المستقلة هي تركيز الحيوي من 0٪، 10٪، و 20٪ ووقت التخمر 10.17، و 24 يوما. واستخدمت البكتيريا وهي العضوية الرقيقة، *licheniformis* البكتيريا، السلوزية ليرة سورية، *flourescens* الزائفة، والزائفة الكريهة. المتغير التابع في شكل ودرجة الحموضة، ودرجة الحرارة، خدمات الدعم التقني، وحجم الغاز الحيوي. تتألف هذه الدراسة من مرحلتين، وهما صناعة الحيوي ومرحلة التخمر

أما نتائج البحث الغاز الحيوي مع وجود اختلافات التركيز والاختلافات في وقت التخمر، تأثير *signnifikan* (ع > 0.05) إلى قيمة خدمات الدعم التقني بتركيز 20٪ الحيوي وقت التخمر 10 أيام خدمات الدعم التقني في 146.69 جزء في المليون. ومع ذلك، فإن المعاملة الحيوي ووقت التخمر لا تؤثر تأثيرا كبيرا على حجم إنتاج الغاز الحيوي. حصلت الغاز الحيوي الوحيد بلغ أعلى حجم تداول بنسبة 20٪ الحيوي وقت العلاج التخمر من 17 يوما إلى 21.33 ميل.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah ﷻ berfirman dalam Al-Quran surat Asy-Syu'ara'(26) ayat 183

وَلَا تَبْخُسُوا النَّاسَ أَشْيَاءَهُمْ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ﴿١٨٣﴾

Artinya : *“Dan janganlah kamu merugikan manusia pada hak-haknya dan janganlah kamu merajalela di muka bumi dengan membuat kerusakan”*

Tafsir Jalalain menjelaskan ayat diatas bahwa (Dan janganlah kalian merugikan manusia pada hak-haknya) janganlah kalian mengurangi hak mereka barang sedikit pun (dan janganlah kalian merajalela di muka bumi dengan membuat kerusakan) melakukan pembunuhan dan kerusakan-kerusakan lainnya. Salah satu kerusakan yang terjadi yang dilakukan manusia adalah adanya pencemaran perairan yang disebabkan pengolahan limbah industri yang kurang maksimal.

Limbah merupakan hasil olahan yang dihasilkan atas aktivitas manusia, Sahubawa (2011) menyatakan dalam aktivitas industri dan manusia, selalu dihasilkan kenaikan entropi (limbah), baik limbah cair, padat, gas, maupun bunyi yang mengganggu keseimbangan ekologi atau merusak komponen lingkungan (sumber daya air, tanah, udara, tumbuhan, biota air, dan lain-lain). Pengurangan dampak negatif pencemaran lingkungan, pemerintah mengeluarkan PP.RI. No.101 tahun 2014 pada pasal 1 ayat 22, menyatakan bahwa pemanfaatan limbah B3 adalah kegiatan penggunaan kembali, daur ulang, atau perolehan kembali yang bertujuan untuk mengubah Limbah B3 (Berbau Berwarna dan Beracun) menjadi produk yang dapat digunakan sebagai substitusi bahan baku atau bahan bakar yang aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Pemanfaatan limbah

cair industri merupakan salah satu cara mengurangi pencemaran perairan khususnya, sehingga ekosistem biota air tetap terjaga kelestariannya.

Data Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BPPD) tahun 2015 Jawa Timur menunjukkan bahwa total produksi perikanan mencapai 1.443.257,7 ton dan terjadi peningkatan total produksi perikanan sebesar 3,76% dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Peningkatan industri pengolahan ikan berbanding lurus dengan jumlah limbah yang dihasilkan. Setiyono (2008) menyatakan selain memberikan peningkatan kesejahteraan dan pendapatan daerah, industri pengolahan ikan juga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, diantaranya adalah polusi air, penularan sumber penyakit, rusaknya ekosistem sungai yang mengancam kehidupan ikan. Salah satu dampak negatif yang menjadi sorotan masyarakat luas adalah timbulnya pencemaran air.

Biogas merupakan salah satu alternatif penanganan pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan limbah yang kaya akan bahan organik diolah menjadi bahan bakar. Berdasarkan analisa limbah cair Tepung Ikan Muncar, didapatkan hasil analisis berupa protein 8,16%, lemak 11,31%, dan karbohidrat 2,84% (BPKI Surabaya, 2016). Tingginya bahan organik dalam limbah menjadikan limbah tersebut butuh perlakuan khusus untuk digunakan sebagai substrat biogas.

Terdapat 4 tahapan pembentukan biogas, yakni hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Widartini (2014) menyatakan bahwa pada proses degradasi bahan organik secara anaerobik pengendali proses terletak pada tahap hidrolisis, karena tahap hidrolisis lebih lambat dibanding dengan tahap

proses lain. Keberhasilan pembentukan biogas salah satunya ditentukan oleh pemecahan senyawa kompleks pada substrat menjadi molekul sederhana pada tahap hidrolisis yang dilakukan oleh mikroba hidrolitik. Pemecahan senyawa kompleks tersebut menggunakan enzim yang dihasilkan oleh bakteri protease, amilase dan lipase (Deublein and Steinhauser, 2011).

Suwatno (2016) menyatakan penambahan mikroba hidrolitik pada proses fermentasi anaerob dalam suatu reaktor akan mempercepat fase *start-up*, meningkatkan efisiensi produksi biogas, meningkatkan tingkat degradasi bahan organik dan memfasilitasi efisiensi pembentukan populasi spesifik tertentu pada suatu komunitas mikroba.

Penelitian biogas yang serupa dengan penambahan bioaktivator yakni, Agustina (2011) dengan substrat limbah tepung tapioka penambahan bioaktivator berupa ragi tape (*Saccharomyces cereviceae*) dan rumen, digunakan metode *batch* dan semi kontinyu mampu menghasilkan biogas sebesar 14.000 ml ragi 0,08% hingga hari ke-25 dibandingkan tanpa menggunakan ragi yaitu 4400 ml hingga hari ke-15. Penelitian tersebut menunjukkan adanya pengaruh penambahan bioaktivator sehingga dihasilkan biogas yang lebih tinggi dengan waktu yang lama. Penelitian Darisa (2014), substrat feses sapi (pengenceran 1:1) penambahan bakteri hidrolitik diproduksi biogas tertinggi pada konsentrasi bioaktivator 10% dengan lama fermentasi 4 minggu kadar metana sebesar 73,32%. Penelitian Fusfita (2015) substrat kompos, starter feses sapi, dan bakteri hidrolitik, gas pertama terbentuk pada hari ke-10. Konsentrasi bakteri 15% menghasilkan gas metan tertinggi sebesar 70,82%, namun tidak berbeda signifikan dengan 10%

sebesar 70,45%. Pengaruh lama fermentasi tertinggi pada hari ke 30 (1048,97 ml) tidak berbeda jauh dengan hari ke 20 (1025,46 ml). Hadi (1990) menyatakan bahwa biogas sudah terbentuk sekitar 10 hari setelah fermentasi yaitu sekitar 0,1-0,2 m³/kg dari berat kering. Sehingga pada penelitian ini digunakan konsentrasi bioaktivator 0%,10% dan 20% dan variasi lama fermentasi 10, 17 dan 24 hari.

Terdegradasinya beban organik dapat diketahui melalui akumulasi nilai TSS biodigester. TSS merupakan beban organik maupun anorganik terakumulasi dalam reaktor yang merupakan sumber makanan bakteri metanogenik. Analisis nilai TSS limbah cair Tepung Ikan Muncar di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya sebesar 986,50 ppm. Berdasarkan Keputusan Menteri, batas maksimum TSS limbah adalah 60 mg/l (Tanata, 2013). Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah nilai TSS sebagai identifikasi terjadinya degradasi beban organik dan volume biogas yang merupakan akumulasi total volume gas yang dihasilkan dalam setiap proses perombakan.

Berdasarkan latar belakang diatas, penambahan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi diharapkan mampu mempercepat degradasi bahan organik sehingga dihasilkan biogas yang lebih optimal. Sehingga perlu dilakukan penelitian dengan judul “Degradasi Bahan Organik Limbah Cair Tepung Ikan dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah biogas ini adalah :

1. Apa pengaruh penambahan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap nilai TSS?
2. Apa pengaruh penambahan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap produksi volume biogas?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian biogas ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap nilai TSS
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap produksi volume biogas

1.4 Hipotesis

- H_0 : tidak adanya pengaruh nyata pengaruh penambahan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap nilai TSS dan produksi volume biogas dari limbah cair tepung ikan
- H_1 : adanya pengaruh nyata pengaruh penambahan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap nilai TSS dan produksi volume biogas dari limbah cair tepung ikan.

1.5 Manfaat Penelitian

Secara keseluruhan penelitian ini memberikan manfaat kepada penelitian biogas selanjutnya, antara lain :

1. Mengetahui lama waktu fermentasi yang optimal dalam degradasi komponen organik, sehingga dihasilkan volume biogas yang lebih optimal
2. Memberikan alternatif lain dalam pemanfaatan limbah cair Industri tepung ikan sebagai energi biogas
3. Teraplikasikannya teknologi sistem anaerobic sebagai upaya penanggulangan pencemaran lingkungan akibat limbah industri tepung ikan
4. Memahami parameter-parameter khusus yang mempengaruhi produksi biogas
5. Memberikan wacana baru dalam biogas.

1.6 Batasan Masalah

1. Limbah cair tepung ikan didapatkan dari industri pengolahan tepung ikan Muncar Bayuwangi
2. Reaktor yang digunakan merupakan reaktor biogas tipe *Batch*
3. Penambahan bioaktivator berasal dari konsorsium bakteri *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Cellulomonas sp* yang didapatkan isolat murni dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas SAINTEK UNAIR Surabaya
4. Fermentasi anaerob dilakukan selama 24 hari, dengan interval pengamatan hari ke-10, ke-17, dan hari ke-24.

5. Parameter pengamatan berupa TSS (*Total Suspended Solid*), volume biogas, suhu dan pH
6. Dilakukan penyaringan secara berkala pada substrat sebelum dimasukkan dalam reaktor dengan saringan alumunium
7. Nilai TSS merupakan nilai akumulasi degradasi bahan organik dari aktivitas mikroorganisme



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas

2.1.1 Definisi dan Kegunaan

Menurut Abbasi *et al.* (2012), biogas adalah campuran beberapa gas yang dapat terbakar dan berasal dari bahan organik yang telah mengalami dekomposisi secara anaerobik. Sucipto (2009) menyatakan bahwa biogas merupakan salah satu produk hasil biokonversi dari bahan organik. Biokonversi adalah sebuah proses yang mampu mengubah bahan organik menjadi produk lain yang berguna dan memiliki nilai tambah dengan memanfaatkan proses biologis dari mikroorganisme dan enzim.

Menurut sudut pandang biologi, biogas merupakan sumber energi alternatif yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh bakteri metanogen secara anaerob. Proses fermentasi tersebut harus dikontrol secara teliti karena bakteri metanogen sensitive terhadap perubahan mendadak pada kondisi fisis dan kimiawi (Gunawan, 2013).

Produksi biogas didasarkan pada perombakan anaerob kotoran hewan dan bahan buangan organik lainnya. Selama perombakan anaerob akan menghasilkan gas metana 54-70 %, karbondioksida 25-45 %, hidrogen, nitrogen, dan hidrogen sulfida dalam jumlah yang sedikit, menurut Sucipto (2009). Seperti yang terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Komposisi Biogas

Komponen	(Persen) %
Metana (CH ₄)	55 – 57
Karbon Dioksida (C ₂ O)	25 – 45
Nitrogen (N ₂)	0 – 0,3
Hidrogen (H ₂)	1 – 5
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0 – 3
Oksigen (O ₂)	0,1 – 0,5

Sumber : Sitepu (2013)

Biogas memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, berbau, dan tidak berwarna. Jika gas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik ini dapat terbakar, berarti mengandung sedikitnya 45% gas metana (Abbasi *et al.*, 2012).

2.1.2 Proses Produksi Biogas

Tahapan untuk terbentuknya biogas dari proses fermentasi anaerob dapat dipisahkan menjadi empat yaitu tahap hidrolisis, asidogenesis, acetogenesis dan metanogenesis, secara umum seperti pada gambar. Pada tahap hidrolisis, bahan-bahan biomassa yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat dan lipida akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek. Sebagai contoh polisakarida terurai menjadi monosakarida sedangkan protein terurai menjadi peptida dan asam amino (Khasristya, 2004).

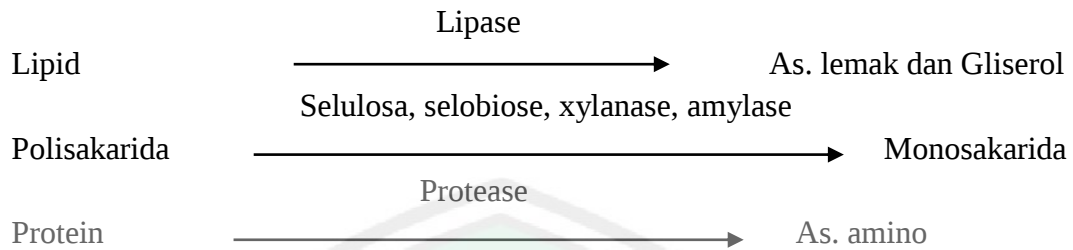
Tabel 2.2 Tahapan pembentukan metana. Gambar dimodifikasi berdasarkan Al Saedi (2008).

Bahan organik	Tahapan			
	Hidrolisis	Asidogenesis	Asetogenesis	Metanogenesis
Karbohidrat	Gula	As.Orgnik, alkohol Hidrogen,CO2, amonia	As.Asetat, hidrogen,CO2	Metan,CO2
Lemak	As.lemak			
Protein	As.amino			

1. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan langkah pertama dalam proses fermentasi anaerob, yaitu dengan mengubah senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Selama proses hidrolisis, polimer-polimer seperti karbohidrat, lemak, dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol, dan asam amino (Al-Saedi, 2008).

Mikroorganisme yang berperan adalah enzim ekstraseluler seperti selulosa, amilase, protease dan lipase. Pada tahap pengasaman, bakteri akan menghasilkan asam yang berfungsi untuk mengubah senyawa pendek hasil hidrolisis menjadi asam asetat, H₂ dan CO₂. Bakteri ini merupakan bakteri anaerob yang dapat tumbuh pada keadaan asam. Asam asetat yang dihasilkan bakteri, diperlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam limbah. Mikroba hidrolitik seperti *Cellulomonas* sp., *Cytophaga* sp., *Cellvibrio* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, dan *Lactobacillus plantarum* mampu mengeluarkan enzim hidrolase sehingga mengubah biopolymer menjadi senyawa yang lebih sederhana. Berikut proses terjadinya pemecahan komponen polimer tersebut.



Gambar 2.1 Pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana

Proses penguraian karbohidrat oleh bakteri hidrolitik dilakukan dalam hitungan jam, sedangkan untuk penguraian protein dan lemak dilakukan dalam hitungan hari (Deublein and Steinhauser, 2008).

1. Asidogenesis

Produk hasil hidrolisis difermentasi oleh bakteri asidogenesis seperti *Cytophaga* sp. Glukosa, asam amino, dan asam lemak didegradasi menjadi asam organik, *alcohol*, *hydrogen* dan amonia (Deublein and Steinhauser, 2008). Romli (2010) menyatakan, tahap asidogenesis merupakan tahap perombakan bahan organik hasil hidrolisis yang difermentasi menjadi berbagai produk akhir, meliputi asam-asam format, asetat, propionate, butirrat, laktat, suksinat, etanol, dan juga senyawa mineral seperti karbondioksida, *hydrogen*, amonia, dan gas *hydrogen sulfide*. Said (2006) menyatakan, bahwa tahap asidogenesis dilakukan oleh berbagai kelompok bakteri, mayoritasnya adalah bakteri obligat anaerob dan sebagian yang lain bakteri anaerob fakultatif. Contoh bakteri asidogenik (pembentuk asam) adalah *Clostridium*.

2. Asetogenesis

Hasil metabolisme dari bakteri asidogenesis tidak dapat langsung dikonversi menjadi metana, tetapi melalui tahap asetogenesis terlebih dahulu. *Volatile fatty acid* (VFA) dan *alcohol* diubah oleh bakteri asetogenesis menjadi

asam asetat, *hydrogen*, dan CO_2 . Salah satu contoh bakteri asetogenesis yaitu *Acetobacter aceti*. (Al Saedi, 2008). Deublein and stein hauser (2008) menyatakan, hasil metabolisme dari bakteri asetogenesis bergantung terhadap tekanan hidrogen di dalam substrat. Pada saat tekanan hidrogen rendah, maka hasil metabolise dari bakteri asetogenesis terdiri dari H_2 , CO_2 , dan asetat. Jika tekanan hidrogen tinggi, maka hasil metabolisme dari bakteri asetogenesis terdiri dari asam butirrat, asam propionat, asam valerat, dan etanol. Namun, dari semua hasil metabolisme tersebut, bakteri metanogenesis hanya menggunakan asetat, CO_2 , dan H_2 untuk produksi metana. Reaksi dari perubahan asam organik menjadi asam asetat disajikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.3 Reaksi perubahan asam organik menjadi asam asetat

Substrat	Reaksi
Asam propionate	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$
Asam butirrat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^- + 2\text{H}_2$
Asam valerat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$
Asam isovalerat	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COO}^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2 + \text{H}^+$
Asam kapronik	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 5\text{H}_2$
Karbondioksida/ hydrogen	$2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^- + 2\text{H}_2\text{O}$
Gliserin	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 3\text{H}_2 + \text{CO}_2$
Asam laktat	$\text{H}_3\text{CHOHCOO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$
Etanol	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2$

Sumber : Deublein and Steinhauser (2008)

3. Metanogenesis

Metanogenesis merupakan langkah penting dalam seluruh proses digestasi anaerobik, karena proses reaksi biokimia yang paling lambat. Metanogenesis ini sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi. Komposisi bahan baku, laju umpan, temperatur, dan pH adalah contoh faktor yang mempengaruhi proses pembentukan gas metan. *Digester over loading*, perubahan suhu atau masuknya besar oksigen dapat mengakibatkan penghentian produksi metana (Dueblein *et al*, 2008). Produksi biogas dengan proses akhir metanogenesis akan menghasilkan gas yang jika dibakar menghasilkan api. Mengenai keterkaitan materi organik dengan api, Allah ﷻ berfirman dalam surat Yaasiin ayat 80 sebagai berikut :

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنتُم مِّنْهُ تُوقِدُونَ ﴿٨٠﴾

Artinya : “Yaitu Tuhan yang menjadikan untukmu api dari kayu yang hijau, Maka tiba-tiba kamu nyalakan (api) dari kayu itu”.

Penjelasan ayat tersebut dijelaskan dalam Ibnu Katsir sebagai berikut:

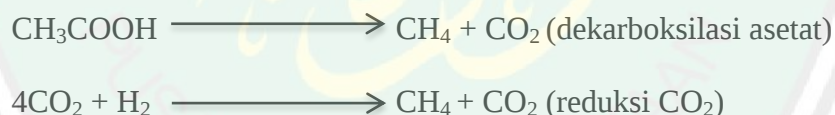
“Yaitu Rabb yang menjadikan untukmu api dari kayu yang hijau, maka tiba-tiba kamu nyalakan (api) dari kayu itu”, maknanya yaitu Rabb yang memulai penciptaan pohon dari air, hingga menjadi hijau dan indah, berbuah dan berbunga, kemudian Dia mengulanginya hingga menjadi kayu-kayu yang kering untuk menyalakan api. Seperti itu pula Dia melakukan apa saja yang dikehendaki-Nya dan Maha kuasa atas apa saja yang dikehendaki-Nya, tidak ada satupun yang mampu mencegah-Nya. Qatadah berkata, “Rabb yang menjadikan api ini dari pohon tersebut tentu Mahakuasa untuk membangkitkannya”.

Seperti yang dijelaskan oleh Abdullah bin Muhammad (2007), bahwa Allah ﷻ Mahakuasa atas segala sesuatu yang dikehendaki-Nya, termasuk menciptakan api dari pohon. Apabila dikaji makna luas “menciptakan api dari pohon” tersebut dalam kajian biologi yang ditunjang dengan fakta-fakta ilmiah,

maka (tumbuhan) atau yang dapat juga limbah yang berasal darinya baik kering maupun basah. Unsur tersebut disebut dengan biomassa.

Sebagian besar metana merupakan hasil perubahan asetat sebesar 70% serta 30% dari hydrogen dan CO₂. Pada tahap metanogenesis, terjadi fermentasi metana secara dua tipe reaksi. Pertama *Acetoplastic methanogenesis*, yaitu asetat diubah menjadi metana dan CO₂. Kedua *Hydrogenotrophic methanogenesis* dengan mengubah CO₂ dan H₂ menjadi metana dan air (Werner et. al., 1989). Pada akhirnya gas metana diproduksi dengan dua cara. Pertama adalah mengkonversikan asetat menjadi karbon dioksida dan metana oleh organisme asetropik dan cara lainnya adalah dengan mereduksi karbon dioksida dengan hidrogen oleh organisme hidrogenotropik (Wulansari, 2015).

Berikut ini adalah reaksi utama (reaksi metanogenesis) yang terlibat dalam konversi substrat menjadi metana dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.2 Reaksi Pembentukan Metana (CH₄)

2.1.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Aktivitas metabolisme dari bakteri hidrolitik dan metanogen dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

1. Temperatur Substrat

Temperatur sangat berpengaruh terhadap produksi gas. Menurut Hartono (2009) berdasarkan temperatur operasinya, proses anaerob secara garis besar

diklasifikasikan menjadi tiga yaitu *psycrophil*, *mesophil*, dan *thermophil*. Wiratmana *et al.*, (2013) menyatakan pada umumnya digester anaerob beroperasi pada temperatur mesophil yaitu 20-45°C. Menurut Damanhuri (2008), temeperatur yang tinggi akan memberikan hasil biogas yang baik . Namun, pengaturan temperatur digester relatif sulit dilaksanakan. Lazuardi (2008) menyatakan bahwa temperatur yang baik untuk proses pembentukan biogas berada dalam kisaran 20-40°C. Sedangkan Deublein and Steinhauser (2008) menyatakan bahwa temperatur ideal untuk proses pembentukan biogas berkisar 32-42°C. Dengan demikian penggunaan temperatur ruang dinilai relatif baik untuk menghasilkan biogas (Yenni *et al.*, 2012).

Budiyono (2013), mempelajari pengaruh suhu anaerobik pencernaan untuk produksi biogas. Pada 35°C, produksi biogas lebih besar dari 25°C. Pada suhu 25°C metan yang dihasilkan hanya 82,6% dari produksi pada suhu 35°C. Suhu isian digester berpengaruh terhadap perkembangan bakteri dalam proses biogas.

2. Lama Waktu Fermentasi

Lama waktu fermentasi yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mencapai semua bahan organik selesai terdegradasi. Lama waktu fermentasi bergantung dari temperatur dan jenis substrat yang dipakai serta berkaitan erat dengan proses-proses pembentukan biogas. Proses-proses tersebut berlangsung pada saat fermentasi minggu pertama hingga minggu keempat fermentasi (Darisaa, 2014). Waktu fermentasi yang lebih lama seperti lama waktu 2 minggu, 3 minggu, dan 4 minggu ini memungkinkan bakteri hidrolitik merombak bahan organik kompleks lebih banyak (Ivonny, 2014). Menurut penelitian Noresta *et al.* (2013), yang

menggunakan substrat kotoran ayam, waktu fermentasi berpengaruh terhadap komposisi biogas. Waktu optimum terbentuknya gas metana yaitu pada hari ke-15 dengan besar gas metana 33,92 mg.

Penelitian Darisaa (2014) dengan substrat feses sapi (pengenceran 1:1) dan penambahan bioaktivator hidrolitik, variasi lama fermentasi 1,2,3 dan 4 minggu didapatkan hasil kadar gas metan tertinggi pada minggu ke-4 sebesar 61,36%. Hadi (1990) menyatakan bahwa biogas sudah terbentuk sekitar 10 hari setelah fermentasi yaitu sekitar 0,1-0,2 m³/kg dari berat kering. Digunakan lama fermentasi 10,17, dan 24 hari untuk pengukuran gas biogas. Wahyuni (2010) menyatakan penentuan lama waktu fermentasi pada proses produksi biogas perlu untuk dilakukan. Penentuan gas metan pada masing-masing substrat yang berbeda mempunyai karakteristik lama waktu yang berbeda pula. Dengan demikian, pengkondisian lama waktu fermentasi sangat berpengaruh pada produk biogas yang dihasilkan.

3. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman memiliki efek terhadap aktivitas biologi untuk kelangsungan metabolisme dari mikroba. Kebanyakan dari proses kehidupan bakteri memiliki kisaran pH antara 5-9, sedangkan nilai pH yang dibutuhkan pada bioreaktor antara 7-8,5 (Andianto, 2011). Penurunan nilai pH yang terjadi setelah proses asidifikasi hingga pH 6 dapat menghambat aktivitas bakteri metana. Bila laju pembentukan asam melampaui laju pemecahannya menjadi metana, proses akan menjadi tidak seimbang karena pH akan menurun, maka produksi gas

berkurang dan kandungan CO₂ pada gas naik. Dengan demikian dibutuhkan pengolahan pH untuk menjamin laju produksi metana (Moertinah, 2010).

Budiyono (2013) pada pH 6,5 biogas produksi lebih besar dari pH 4,5 dan 5,5. Pada kisaran pH 6,5-8,2 menghasilkan biogas secara optimal. Penelitian Budiyono (2013) dengan substrat limbah vinnase dan penambahan urea didapatkan pH optimum dihasilkannya biogas tertinggi pada pH 7 dengan volume 2,2781-11,0754 ml/g COD. Kadar metan yang dihasilkan sebesar 52,47%. pH mendekati kisaran pH netral merupakan pH yang optimal dalam menghasilkan biogas. Bakteri metanogenik memproduksi gas metan pada pH netral sehingga tidak menghambat kerja bakteri.

4. Konsentrasi Substrat

Menurut Moertinah (2010), sel mikroorganisme mengandung C,N,P dan S dengan perbandingan 100:10:1. Untuk pertumbuhan mikroorganisme unsur-unsur diatas harus ada pada sumber makanan (substrat). Konsentrasi substrat dapat mempengaruhi proses kerja mikroorganisme. Kondisi optimum akan dicapai jika jumlah mikroorganisme sebanding dengan konsentrasi substrat.

5. Konsentrasi bakteri hidolitik

Bakteri hidrolitik berperan pada tahap awal proses pembentukan biogas. Penambahan bakteri hidrolitik pada berbagai variasi konsentrasi memberikan beda nyata terhadap produksi biogas (Darissa, 2014). Penambahan konsorsium bakteri hidrolitik sebesar 10% dapat membantu meningkatkan proses hidrolisis bahan organik kompleks dalam kotoran sapi (Ivony, 2014). Menurut Foster (2008) bahwa semakin banyak konsentrasi konsorsium bakteri yang diberikan maka

produksi biogas semakin meningkat. Selain itu, penambahan bakteri metanogen berpengaruh juga terhadap produksi biogas. Untuk memperoleh bakteri metana sebaiknya digunakan susbtrat yang didalamnya sudah dapat dipastikan mengandung mikroba metanogen (Coniwati, 2009).

6. Kandungan oksigen

Bakteri pembentuk asam merupakan bakteri anaerob fakultatif, sehingga ada atau tidak ada oksigen pada bioreaktor tidak mempengaruhi proses pembentukan asam. Sedangkan bakteri metanogen yaitu bakteri anaerob obligat sehingga keberadaan oksigen dapat menghalangi proses pembentukan gas metana (Deublein, 2008).

2.2 Limbah Industri Tepung Ikan

2.2.1 Proses Produksi Tepung Ikan

Tepung ikan (*marine fish meal*) adalah salah satu produk pengawetan ikan dalam bentuk kering, kemudian digiling menjadi tepung. Bahan baku tepung ikan umumnya adalah ikan-ikan yang kurang ekonomis, hasil sampingan penangkapan selektif, glut ikan (ikan yang melimpah) pada musim penangkapan dan sisa-sisa pabrik pengolahan ikan seperti pabrik pengalengan dan pembekuan ikan dan minyak ikan (laili, 2010).

Tepung ikan merupakan salah satu bahan baku sumber protein hewani yang dibutuhkan dalam komposisi makanan ternak dan ikan. Kandungan protein tepung ikan memang relatif tinggi. Protein hewani tersebut disusun oleh asam-asam amino esensial yang kompleks, diantaranya asam amino lisin dan methionin.

Disamping itu, juga mengandung mineral kalsium dan fosfor serta vitamin B kompleks khususnya vitamin B12 menurut Murtidjo (2001). Pada prinsipnya pengolahan tepung ikan adalah penghancuran sel-sel dan pemisahan butiran dari benda asing yang tidak larut, memisahkan air dan minyak, mengurangi sebagian air yang terkandung dalam tepung basah, menggiling tepung yang masih kasar dan melakukan pengayakan menurut (laili, 2010). Proses produksi tepung ikan menurut Mariastuti (2015), dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu :

1. Perebusan

Perebusan ikan bertujuan untuk mengkoagulasi (menggumpalkan) protein dan mempermudah pemisahan air dan minyak. Selama perebusan, minyak ikan akan keluar. Perebusan harus dilakukan sengan seksama. Jika ikan direbus tidak sempurna, maka cairan yang diperas tidak dapat keluar sebanyak yang diperlukan. Sebaliknya, jika terlalu masak, maka ikan menjadi terlalu lunak. Effulen yang dihasilkan berupa minyak.

2. *Pressing*

Tahap *pressing* bertujuan untuk memisahkan sebagian besar air dan minyak ikan yang telah dimasak dimasukkan ke dalam tabung yang berlubang-lubang, kemudian ditekan dengan *scew press*. Cairan yang dihasilkan akan keluar melalui lubang-lubang ditepi tabung, sedangkan padatnya (*press coke*) keluar dari ujung alat press. Pada proses pemerasan ini, kandungan air dikurangi hingga tinggal 50 % dan minyak 4 %. Pemerasan tidak perlu dilakukan untuk bahan yang mengandung

sedikit minyak. Dihasilkan effluen sebesar 50% air yang didalamnya terdapat protein dan 4% minyak.

3. Pengeringan

Pengeringan adalah proses pengeluaran air atau pemisahan air dalam jumlah yang relatif kecil dari bahan dengan menggunakan energi panas. Proses pengeringan dilakukan pada suhu 60-65⁰C selama 6 jam di dalam alat pengering. Apabila dibawah sinar matahari, maka membutuhkan waktu selama 2-3 hari hingga kadar airnya berkurang menjadi kurang dari 5 %. Hasil dari proses pengeringan adalah bahan kering yang mempunyai kadar air setara dengan kadar air keseimbangan udara (atmosfer) normal atau setara dengan nilai aktivitas air yang aman dari kerusakan mikrobiologis, enzimatik, dan kimiawi.

4. Penggilingan

Proses penggilingan bertujuan untuk menghancurkan gumpalan-gumpalan daging, tulang, dan sebagainya. Dileuarkan effluen berupa padatan yang masih menggumpal atau tidak dapat hancur.

5. Pengayakan

Pengayakan merupakan pemisahan berbagai campuran partikel padatan yang mempunyai berbagai ukuran bahan dengan menggunakan ayakan. Proses pengayakan juga dimaksudkan untuk membersihkan tepung ikan dan memisahkan dari kontaminan. Pengayakan ini memudahkan untuk mendapatkan tepung ikan dengan ukuran yang seragam. Dihasilkan

effluen berupa padatan tepung ikan yang berukuran lebih besar atau tidak seragam.

Buangan cair berasal dari proses terutama air sisa dari pengepresan. Air yang sudah tercemar tidak layak konsumsi, karena bisa menjadi penyakit. Pada dasarnya proses ikan *treatmend* adalah upaya pemanfaatan air limbah cair sebagai biogas. Hal ini didasarkan pemikiran bahwa limbah cair banyak mengandung bahan organik mudah terurai (*biodegradable*). Dapat terurai oleh mikroorganisme baik secara aerob atau anaerob. Hasil uraian tersebut adalah unsur-unsur organik sederhana yang dapat dimanfaatkan (Laili, 2010).

Manusia dalam melangsungkan kehidupannya sehari-hari melalui adanya sebuah proses yang menghasilkan limbah. Salah satu kebutuhannya yakni jasmani seperti makan dan minum. Dalam sebuah hadits Rasulullah ﷺ bersabda:

حَدَّثَنَا وَكِيعٌ حَدَّثَنَا ثَوْرُ الشَّامِيِّ عَنْ حَرِيزِ بْنِ عُثْمَانَ عَنْ أَبِي خِرَاشٍ عَنْ رَجُلٍ مِنْ أَصْحَابِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ الْمُسْلِمُونَ شُرَكَاءُ فِي ثَلَاثِ الْمَاءِ وَالْكَأَلِ وَالنَّارِ

Artinya: Waki telah menyampaikan hadits pada kami. Tsaur asy-Syamiy menyampaikan hadits pada kami dari Hariz bin Utsman dari Abi Khirasy dari seorang sahabat yang menyatakan bahwa Rasulullah ﷺ bersabda, 'Kaum muslimin berserikat dalam tiga perkara yaitu air, rumput liar dan api'. " (HR.Ahmad)

Hadits tersebut menunjukkan bahwa kaum muslimin (dan juga umat manusia seluruhnya) dalam kehidupan sehari-harinya tidak bisa terlepas dari tiga elemen yakni air, tumbuhan dan api. Api dapat juga diartikan sebagai bahan yang mudah terbakar atau bersifat gas. Namun demikian aktivitas sehari-hari manusia juga berpotensi mencemari lingkungan, sehingga perlu dilakukan upaya untuk

mengurangi dan mengelolah limbah-limbah tersebut agar kelestarian alam tetap terjaga.

2.2.2 Karakteristik Limbah Cair Tepung Ikan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 tahun 2014 pada pasal 1 ayat 22, menyatakan bahwa pemanfaatan limbah B3 adalah kegiatan penggunaan kembali, daur ulang, atau perolehan kembali yang bertujuan untuk mengubah Limbah B3 menjadi produk yang dapat digunakan sebagai substitusi bahan baku atau bahan bakar yang aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Peraturan pemerintah dibuat agar lingkungan tetap terjaga dan tidak tercemar oleh limbah salah satunya. Terjaganya sungai atau perairan yang bersih akan mendukung ekosistem sekitarnya, baik tumbuhan maupun hewan dan begitu sebaliknya. Allah ﷻ berfirman dalam Al-Quran surat Az-Zumar ayat 21

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا
الْوَلْوَةً ثُمَّ يَهْبِجُ فَرْثَهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطَمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿٢١﴾

Artinya : “Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal”. (Az-Zumar:21).

Rasulullah ﷺ menyerukan kepada setiap umat manusia untuk selalu menjaga keseimbangan alam. Allah ﷻ menciptakan bumi dan sisinya

bukan tanpa tujuan, sehingga manusia yang diciptakan Allah ﷻ sebagai khalifah di bumi sudah seharusnya menjaga dan melestarikan alam dan seisinya sebagai bentuk hubungan manusia dengan alam. Rasulullah ﷺ bersabda dalam hadits yang diriwayatkan oleh Imam Muslim dan Abu Daud.

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ، أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: «اتَّقُوا اللَّاعِنِينَ»، قَالُوا: وَمَا اللَّاعِنَانِ يَا رَسُولَ اللَّهِ؟ قَالَ: «الَّذِي يَتَخَلَّى فِي طَرِيقِ النَّاسِ أَوْ ظِلِّهِمْ» (رواه مسلم و أبو داود)

Artinya: "Dari Abu Hurairah bahwa Nabi ﷺ bersabda, "Jauhilah dua perbuatan yang mendatangkan laknat!" Sahabat-sahabat bertanya, "Apakah dua perbuatan yang mendatangkan laknat itu?" Nabi ﷺ menjawab, "Orang yang buang air besar di jalan umum atau di tempat berteduh manusia". (Diriwayatkan oleh Imam Muslim dan Abu Dawud dalam kitab Sunan Abu Dawud no.25) (Al Abadi, 2005).

Hadits tersebut menjelaskan bahwasanya terdapat 2 perbuatan yang mendatangkan laknat Allah ﷻ, yakni orang yang buang air di jalan umum dan ditempat berteduhnya manusia. Perbuatan buang air merupakan salah satu bentuk manusia mengeluarkan zat sisa, yang juga dapat disebut sebagai limbah yang dikeluarkan oleh manusia. Pada hakekatnya semua limbah yang dihasilkan dari sebuah proses perlu adanya perlakuan khusus, sehingga tidak menimbulkan pencemaran.

Limbah cair industri perikanan mengandung bahan organik yang tinggi. Tingkat pencemaran limbah cair industri pengolahan perikanan sangat tergantung pada tipe proses pengolahan dan spesies ikan yang diolah (Ibrahim, 2005). Menurut Ibrahim (2005) menyatakan jumlah debit air limbah pada efluen

umumnya berasal dari proses pengolahan dan pencucian. Setiap operasi pengolahan ikan akan menghasilkan cairan dari pemotongan, pencucian, dan pengolahan produk. Cairan ini mengandung darah dan potongan-potongan kecil ikan dan kulit, isi perut, kondensat dari operasi pemasakan, dan air pendinginan dari kondensor. Karakteristik limbah cair industri menurut Chandra (2005), dapat dibagi antara lain sebagai berikut :

1. Karakter Fisik

Perubahan yang ditimbulkan parameter fisika dalam limbah cair industri antara lain :

- a. Padatan, berasal dari bahan organik ataupun anorganik. Baik yang larut, mengendap, atau yang berbentuk suspensi
- b. Kekeruhan, hal ini menunjukkan sifat optis yang menyebabkan pembiasan cahaya kedalam air. Kekeruhan akan memebatasi pencahayaan kedalam air. Sifat ini terjadi karena adanya bahan yang terapung ataupun terurai seperti bahan organik, jasad renik, lumpur, tanah liat, dan benda lain yang melayang ataupun terapung
- c. Bau, timbul karena adanya aktivitas mikroorganisme yang menguraikan zat organik. Bau timbul dari reaksi kimia yang menimbulkan gas. Kuat lemahnya bau yang ditimbulkan dipengaruhi oleh jenis dan banyaknya gas yang dihasilkan
- d. Suhu, besarnya suhu dapat mempengaruhi kecepatan reaksi kimia serta tata kehidupan dalam air. Perubahan suhu memperlihatkan aktivitas

kimia dan biologi pada benda padat dan gas dalam air. Pada suhu tinggi terjadi pembusukan dan penambahan tingkatan oksidasi zat organik

- e. Daya hantar listrik, merupakan kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik yang tercermin dari kadar padatan total dan suhu pada saat pengukuran. Konduktivitas limbah cair dalam mengalirkan arus listrik bergantung pada mobilitas ion dan kadar yang terlarut di dalam limbah tersebut
 - f. Warna, timbul karena adanya bahan terlarut (tersuspensi) di dalam air selain bahan pewarna tertentu yang mengandung logam berat.
2. Karakter kimia
- Bahan kimia yang terdapat dalam air akan menentukan sifat air baik dalam tingkat keracunan maupun bahaya yang ditimbulkannya. Secara umum sifat air dipengaruhi oleh bahan kimia organik dan anorganik.
- a. Bahan kimia organik, bahan-bahan ini terdiri dari karbohidrat, protein, minyak, lemak, pestisida, fenol, zat warna, dan surfaktan.
 - b. Bahan kimia anorganik, meliputi klorida, fosfor, logam berat dan beracun, nitrogen, dan sulfur.

3. Karakter biologis

Karakter limbah cair biologis adalah virus yang terakumulasi dalam limbah.

Limbah cair pengolahan tepung ikan berasal dari pengolahan ikan tradisional dan yang berasal dari pabrik pengolahan modern memiliki sifat fisik

yang hampir sama. Limbah tersebut berwarna hitam gelap atau hitam kecoklatan dan mengeluarkan bau yang tidak enak menurut Anas (2001). Air limbah yang baik memiliki nilai uji dibawah standart baku mutu limbah tepung ikan (Tabel 2.3) (Setiyono, 2008). Hasil analisa *effluent* industri tepung ikan disajikan dalam tabel 2.3

Tabel 2.3 Analisa *effluent* industri tepung ikan

No	Parameter	Baku mutu (mg/l)	Uji mg/l)
1.	<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	60	515
2.	pH	6-9	7,39
3.	Sulfida H ₂ S	1	1,52
4.	Ammonia bebas	5	0,049
5.	BOD	100	707
6.	COD	300	1700
7.	Minyak lemak	15	8,54

Sumber : Mariastuti (2015).

Penelitian Ibrahim (2005) mengenai indikator beban pencemar organik yang lain yang berasal dari industri pengolahan perikanan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Beban Pencemaran Limbah Cair Industri Perikanan

Jenis Industri	BOD	COD	Lemak/ Minyak	Padatan Tersuspensi
Pengolahan Ikan (manual)	3,32 kg/t	-	0,348 kg/t	1,42 kg/t
Pengolahan Ikan (mekanis)	11,9 kg/t	-	2,48 kg/t	8,92 kg/t
Pabrik Tepung Ikan (<i>fishmeal</i>)	2,96 kg/t	-	0,56 kg/t	0,92 kg/t
<i>Bloodwater</i> (<i>fishmeal</i>)	23500- 34000mg/l	93000 mg/l	0 %-1,92%	-
<i>Stickwater</i>	13000-	-	60-1560 mg/l	-

(fishmeal)	76000 mg/l			
------------	------------	--	--	--

Sumber : Ibrahim (2005).

Dalam beban cemaran organik yang tinggi terkandung senyawa nitrogen yang tinggi yang merupakan protein larut air setelah mengalami *leaching* selama pencucian, defrost dan proses pemasakan (Ibrahim, 2005). Limbah cair ini dikeluarkan dalam jumlah yang tidak sama setiap harinya. Pada waktu tertentu dalam jumlah yang banyak tetapi encer terutama mengandung protein dan garam. Pada waktu yang lain dikeluarkan limbah cair dalam jumlah sedikit tetapi pekat yang mengandung protein dan lemak. Beban limbah cair tersebut berbeda-beda tergantung jenis pengolahannya (Ibrahim, 2005).

2.3 Bioaktivator

Bioaktivator adalah agen pengaktivasi yang berupa makhluk hidup jasad renik dan berperan mengawali proses perubahan, baik aspek fisika maupun kimia suatu bahan organik menjadi produk yang berbeda sifatnya. Proses perubahan fisika-kimia bahan tersebut hingga menjadi molekul-molekul berukuran lebih kecil bahkan menjadi komponen-komponen dan unsur-unsurnya dikenal dengan istilah dekomposisi. Proses dekomposisi bahan organik secara alami dilakukan oleh jasad renik termasuk bakteri, aktinomiset, khamir dan kapang yang berperan sebagai agen bio-aktivator (Agustina, 2011).

Bioaktivator berperan sebagai agen untuk mempercepat proses pengomposan, meningkatkan kandungan bahan organik dan ketersediaan nutrisi. Bioaktivator perombak bahan organik (biodekomposer) dan mikroba (*biofertilizer*) yang sesuai dengan kondisi bakteri tersebut. Pemanfaatan

bioaktifator selain mempercepat proses fermentasi dan mengurangi bahan buangan, juga dapat menekan mikroorganisme lain yang menjadi inhibitor proses fermentasi untuk di non-aktifkan atau bahkan dihentikan (Agustina, 2011).

2.4 Konsorsium Bakteri

2.4.1 *Bacillus sp*

Bacillus sp merupakan bakteri berbentuk batang, tergolong bakteri gram positif pada kultur muda, motil (reaksi nonmotil kadang terjadi), menghasilkan spora yang biasanya resisten terhadap panas, bersifat aerob (beberapa bersifat anaerob fakultatif), katalase positif, dan oksidasi bervariasi. Tiap jenis berbeda dalam penggunaan gula, sebagian tidak melakukan fermentasi dan sebagian melakukan (Yusufa, 2013).

Thungkao (2011) menyatakan beberapa jenis *Bacillus sp* memiliki sifat proteolitik. Aktivitas hidrolisis secara kualitatif merupakan gambaran dari kemampuan bakteri proteolitik membentuk zona bening di sekitar isolat yang ditumbuhkan dalam media agar skim susu. Menurut Yusufa (2013), zona bening yang terbentuk di sekitar koloni bakteri merupakan tanda hilangnya partikel kasein di media susu skim. Adanya enzim proteolitik ekstraseluler bakteri, menyebabkan kasein terhidrolisis menjadi peptida-peptida dan asam amino yang larut. Enzim ekstraseluler *Bacillus sp* sangat efisien dalam memecah berbagai senyawa karbohidrat, lipid dan protein rantai panjang menjadi unit-unit rantai pendek atau senyawa-senyawa yang lebih sederhana.

Setiap spesies bakteri memiliki batas toleransi tertentu terhadap parameter lingkungan tertentu. Fleksibilitas mikroba dalam beradaptasi pada lingkungan

yang berbeda terlihat ekspresi genetik yang berubah. Bakteri proteolitik yang berhasil bertoleransi dengan lingkungan akan menghasilkan enzim protease dengan nilai tertinggi (Sumardi, 2009).

Suhu merupakan salah satu faktor vital yang mempengaruhi aktivitas protease. Menurut Baehaki (2011), pada umumnya setiap enzim memiliki aktivitas maksimum pada suhu tertentu, aktivitas enzim akan semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya suhu sampai suhu optimum tercapai. Peningkatan suhu akan mempengaruhi perubahan konformasi substrat sehingga sisi aktif substrat mengalami hambatan untuk memasuki sisi aktif enzim dan menyebabkan turunnya aktivitas enzim.

Selain suhu, aktivitas protease sangat dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH). Suhartono (2004) menyatakan aktivitas protease tertinggi *Bacillus sp* pada pH 7 yaitu 0,117 U/ml. Nilai ini lebih besar dibandingkan penelitian Baehaki (2011) yang mendapatkan nilai aktivitas protease sebesar 0,1 U/ml pada pH 7. Perubahan pH yang ekstrim akan menyebabkan enzim mengalami denaturasi. Hal ini menyebabkan gangguan terhadap berbagai interaksi non kovalen yang menjaga kestabilan struktur 3 dimensi enzim (Baehaki, 2011).

Selulase dan enzim pendegradasi selulosa, seperti xylanase merupakan enzim yang umum ditemukan pada kelompok *Bacillus*. Salah satu spesies *Bacillus*, yakni *B. amyloliquefasciens* umum digunakan untuk produksi ethanol dan bahan kimia industri lainnya melalui proses hidrolisis selulosa. Protease merupakan salah satu kelompok enzim yang paling penting di dunia industri dalam beberapa tahun terakhir. *Bacillus* dapat tumbuh pada kisaran pH 7,0-11,0

dan menghasilkan protease ekstraseluler. Saat ini, sebagian besar enzim protease yang tersedia secara komersial berasal dari kelompok *Bacillus* sp (Zahidah, 2013). Penelitian Zahidah (2013) menyatakan hasil uji kualitatif amilolitik, selulolitik dan proteolitik, diketahui bahwa seluruh isolat C5 memiliki aktivitas enzim amilase, selulase dan protease. Isolat C5 (*Bacillus* sp.) memiliki IA sebesar 0.93, IS sebesar 1.95 dan IP sebesar 1.39.

Produksi protease dipengaruhi oleh waktu, suhu, dan pH inkubasi. Aktivitas enzim akan meningkat dengan meningkatnya suhu hingga mencapai suhu optimumnya, tetapi setelah melewati suhu optimumnya aktivitas enzim akan menurun. Kondisi fermentasi merupakan faktor penting untuk menghasilkan enzim. Menurunnya aktivitas mengikuti meningkatnya suhu di atas optimum biasanya disebabkan oleh kerusakan enzim. Kecepatan reaksi kimia akan meningkat dengan meningkatnya suhu karena akan mempercepat gerak termal molekul dan karenanya akan meningkatkan bagian molekul yang memiliki energi dalam jumlah yang cukup untuk memasuki keadaan transisi (Rahayu, 2014).

Stabilitas enzim protease ditunjukkan dengan tidak terjadinya penurunan aktivitas setelah enzim diinkubasi selama 10 menit. Pada suhu 70-80°C enzim akan mengalami kerusakan yang mengakibatkan hilangnya aktivitas enzim. Batasan ini tidak mutlak, karena ada enzim tertentu yang tahan terhadap pemanasan pada suhu tinggi yaitu enzim termostabil dan ada juga enzim yang optimum pada suhu rendah. Enzim-enzim termostabil mempunyai karakteristik biokimiawi yang menarik. Sifat termostabilitas enzim berkaitan dengan bagian asam-asam amino yang bersifat hidrofobik, intensitas interaksi elektrostatik dan

jembatan disulfida di antara asam amino penyusun struktur protein (Rahayu, 2004).

2.4.2 *Bacillus subtilis*

Kingdom : Bacteria

Phylum : Firmicutes

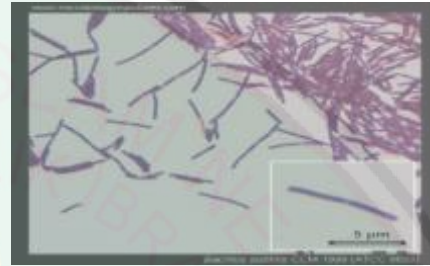
Class : Bacilli

Order : Bacilliales

Familiy : Bacilliaceae

Genus : *Bacillus*

Species : *Bacillus subtilis* (Madigan *et.al*, 2006)



Gambar 2.3 *Bacillus subtilis*
(Mangaiyarkasi *et al.*, 2011)

Bacillus subtilis mampu menghasilkan antibiotik basitrasin. Antibiotik ini memiliki aktivitas yang tinggi terhadap bakteri Gram negatif (Madigan *et.al*, 2006). Bersifat aerobik atau fakultatif anaerob, membentuk endospora dan bersifat katalase positif (Pleczar *et.al*, 1979). *Bacillus* mempunyai sifat yang lebih menguntungkan daripada mikroorganisme lain karena dapat bertahan hidup dalam waktu yang lama pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan untuk pertumbuhannya menurut Mariastuti (2015).

Mariastuti (2015) menyatakan *Bacillus subtilis* memiliki kemampuan salah satunya yakni menghasilkan enzim protease. Protease merupakan enzim proteolitik yang mampu mengkatalis pemutusan ikatan peptida pada protein. Mikroba jenis *Bacillus* tidak menghasilkan toksin, mudah ditumbuhkan, dan tidak memerlukan substrat yang mahal. Martina (1992) kemampuan *Bacillus* untuk

bertahan pada temperatur tinggi, tidak adanya hasil samping metabolik, dan kemampuannya untuk menghasilkan sejumlah besar protein ekstrasel membuat *Bacillus* banyak digunakan dalam memecahkan masalah skala industri.

2.4.3 *Bacillus licheniformis*

Menurut Gamity *et. al* (2004), klasifikasi *Bacillus licheniformis* sebagai berikut :

Kingdom	: Bakteria
Divisi	: Firmicutes
Kelas	: Bacili
Ordo	: Bacillales
Famili	: Bacilliaceae
Genus	: Bacillus
Spesies	: <i>Bacillus licheniformis</i>



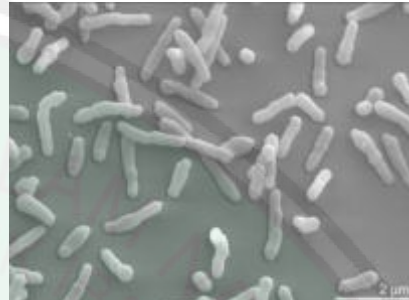
Gambar 2.4 *Bacillus licheniformis*.
(Swaathy *et al.*, 2014)

Bakteri ini *B.licheniformis* mampu menghasilkan enzim ekstraselluler seperti α -amilase, glcoamilase, protease, pectinase dan selulase tumbuh pada kisaran suhu 30⁰C sampai 55⁰ C dan pada pH 3-11 (Ghani *et al*, 2013). Merupakan bakteri aerob atau anaerob fakultatif, gram positif dan motilitas positif. Bakteri ini membentuk endospore dengan bentuk endospore bulat atau silinder, dan sangat resisten terhadap kondisi yang merugikan. Saat sporulasi, spora ditekankan ke udara, tahan terhadap panas, perubahan pH dan salinitas. Selain itu, bakteri ini bersifat katalase positif (Holt *et al*, 2004). Menurut Pinto (2012) bakteri ini mampu tumbuh diberbagai jenis substrat, menghasilkan enzim hidrolitik, menggunakan asetat dan 2,3 butanodiol sebagai sumber karbon.

2.4.4 *Cellulomonas sp*

Berdasarkan pada Bergey's (1994), klasifikasi bakteri *Cellulomonas sp* adalah :

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Actinobacteria
Kelas	: Actinobacteria
Ordo	: Actinomycetales
Famili	: Cellulomonadaceae
Genus	: <i>Cellulomonas</i>
Spesies	: <i>Cellulomonas sp</i>



Gambar 2.5 *Cellulomonas sp.*
(Abt et al., 2010)

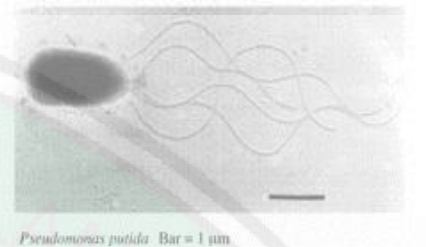
Cellulomonas sp adalah genus bakteri berbentuk batang gram positif. Salah satu karakter genus ini adalah kemampuannya dalam mendegradasi selulosa, menggunakan enzim seperti endoglukanase dan exoglukanase (Glazer dan Nikaido, 2007). Berbagai strain *Cellulomonas* telah dilaporkan menghasilkan hasil yang tinggi dari selulase pada substrat selulose (Poulsen, 1988).

Bakteri *Cellulomonas sp* merupakan bakteri selulolitik dengan ukuran sel 0,5-0,6 μm x 2,0-5,0 μm , dan memiliki motilitas dengan satu atau sedikit flagella (Holt, 2004). *Cellulomonas sp* bersifat fakultatif anaerob dengan kemampuan metabolisme dengan respirasi dan fermentasi, membentuk asam dari glukosa, dan katalase positif. Bakteri ini mampu mengubah nitrat menjadi nitrit, suhu optimum untuk pertumbuhan yaitu 30⁰C, mampu mensekresikan enzim selulase, yakni suatu enzim ekstraseluler yang menghasilkan selulobiosa pada hidrolisis selulosa (Pelczar, 1986).

2.4.5 *Pseudomonas putida*

Klasifikasi *P.putida* menurut pada Bergey's (1994) adalah:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales
Famili	: Pseudomonadaceae
Genus	: <i>Pseudomonas</i>
Spesies	: <i>putida</i>



Gambar 2.6 *Pseudomonas putida* (Pelczar., 2014)

Pseudomonas putida merupakan bakteri dengan ciri memiliki flagel berupa multipolar dan tumbuh optimum pada suhu 25-30°C. Berjenis metabolisme respirasi dengan oksigen sebagai penerima elektron akhir. *Pseudomonas putida* dikenal dapat menghasilkan antibiotika dan siderofor dan dapat mendegradasi toluena. Bakteri ini tidak dapat tumbuh pada suhu 41°C yang menjadi salah satu kunci yang membedakan *Pseudomonas putida* dengan *P. aeruginosa* (Garrity, 2009).

Pseudomonas berasal dari bahasa Yunani yaitu *pseudo* berarti palsu dan *monas* berarti satu unit. *Pseudomonas sp* merupakan bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu mendegradasi berbagai jenis hidrokarbon. Keberhasilan penggunaan bakteri *Pseudomonas* dalam upaya bioremediasi lingkungan akibat pencemaran hidrokarbon membutuhkan pemahaman tentang mekanisme interaksi antara bakteri *Pseudomonas sp.* dengan senyawa hidrokarbon (Garrity, 2009).

2.5.6 *Pseudomonas fluorescens*

Klasifikasi *P. fluorescens* menurut pada Bergey's (1994) adalah:

Kingdom : Bacteria

Filum : Proteobacteria

Kelas : Gamma Proteobacteria

Ordo : Pseudomonadales

Famili : Pseudomonadaceae

Genus : *Pseudomonas*

Spesies : *fluorescens*



Gambar 2.7 *Pseudomonas fluorescens* (Pelczar., 1993)

Pseudomonas fluorescens memiliki ciri dengan bentuk flagel berupa multipolar, dapat tumbuh optimum pada suhu 25-30°C dan dapat menggunakan nitrit sebagai penerima elektron menggantikan oksigen. Bakteri ini ditemukan pada tanah dan air atau makanan yang telah rusak seperti telur, daging, ikan dan susu serta sebagai biokontrol pathogen dalam tanah (Garrrity, 2009).

Bakteri ini merupakan bakteri aerob obligat dengan gram basil negatif. Industri yogurt banyak menggunakan bakteri ini karena mampu mnedegradasi protein dengan baik dan menghasilkan rasa asam. Bakteri *Pseudomonas fluorescens* berbentuk batang, berukuran 0,7 – 0,8 nm sampai 2,3 – 2,8 nm. Selama pertumbuhan eksponensial, bereaksi gram negatif, bergerak dengan flagella dan menghasilkan pigmen fluorescens yang selanjutnya diketahui adalah siderofor. Spesies *Pseudomonas* dari golongan fluorescens mempunyai kemampuan untuk menghasilkan pigmen warna kuning sampai hijau atau kadang-kadang biru pada media king's B. Kemampuan untuk menghasilkan pigmen

berwarna hijau merupakan salah satu kriteria yang dipakai oleh para ahli mikrobiologi dalam memilih *Pseudomonas* yang bermanfaat, karena pigmen tersebut biasanya dikeluarkan oleh spesies-spesies *Pseudomonas* yang menghasilkan antibiotik (Garrrity, 2009).

2.5 TSS (*Total Suspended Solid*)

Analisis *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan untuk mengetahui jumlah bahan-bahan organik dan anorganik yang terakumulasi dalam bioreaktor merupakan sumber makanan bagi bakteri metanogenik. Nilai TSS yang stabil mampu memacu laju pertumbuhan bakteri metanogenik (Maryanti, 2011). Secara teori, TSS atau *total suspended solid* adalah padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, dan sulfida. TSS umumnya diukur dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan (*turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya dan visibilitas di perairan (Novie, 2012).

TSS yang relatif tinggi dalam effluen limbah akan membutuhkan waktu tinggal substrat lebih lama dalam reaktor agar dapat terlarut (terhidrolisis) dan terurai oleh mikroorganisme anaerob menjadi senyawa-senyawa lebih sederhana. Penggunaan waktu tinggal substrat 12-24 jam belum cukup memadai untuk berlangsungnya proses hidrolisis dan degradasi biologis kandungan padatan tersuspensi dalam limbah cair menurut Husin (2008).

Proses degradasi biogas paling lama pada proses hidrolisis, hal tersebut dikarenakan beban organik yang besar. Menurut Widartini (2014) menyatakan bahwa pada proses degradasi bahan organik secara anaerobik pengendali proses terletak pada tahap hidrolisis, karena tahap hidrolisis lebih lambat dibanding dengan tahap proses lain. Laju hidrolisis karbohidrat dalam kondisi anaerob umumnya lebih cepat dibanding hidrolisis protein dan lemak. Pada proses *batch* dimana starter sekaligus dimasukkan, maka mikro organisme memiliki waktu yang cukup untuk mendegradasi kandungan padatan yang ada di dalam limbah. Sehingga apabila kandungan padatan terlarut semakin tinggi maka efisiensi penyisihan waktu juga akan semakin lama menurut Febyanti (2010).

Berdasarkan Keputusan Menteri, batas maksimum TSS limbah adalah 60 mg/L (Tanata, 2013). Penelitian Mariastuti (2015) mengenai hasil analisa effluent limbah cair industri tepung ikan sebesar 515 mg/l, hal tersebut telah melebihi baku mutu limbah untuk dibuang ke lingkungan sehingga membutuhkan perlakuan khusus. Hasil analisa BPKI Surabaya nilai TSS limbah cair Tepung Ikan Muncar sebesar 986,50 ppm. Menurut Wahyuni (2011) menyatakan nilai TSS yang tinggi tidak memungkinkan untuk dibuang ke lingkungan, sehingga perlu dimanfaatkan sebagai gas bio.

2.6 Digester Tipe *Batch*

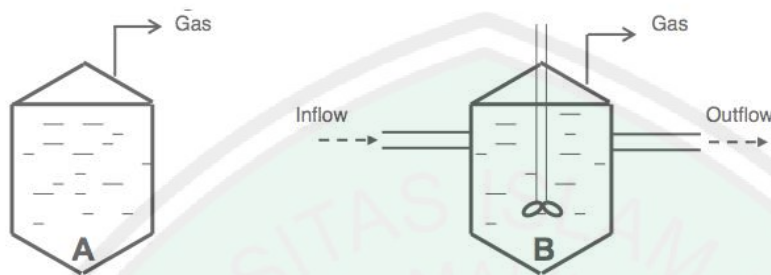
Digester tipe *batch* mempunyai ciri khas yaitu penempatan bahan organik pada tangki tertutup dan diproses secara anaerob (Andianto, 2011). Digester satu

tahap merupakan jenis digester yang sederhana untuk dirancang, dibangun, dan dioperasikan serta umumnya cukup murah. Tingkat beban organik dari digester satu tahap tergantung pada kemampuan bakteri metanogen untuk menoleransi penurunan pH yang dihasilkan dari produksi asam selama proses hidrolisis (Rapport et al, 2008). Sistem satu tahap melibatkan sirkulasi berulang materi di dalam digester, yang setara dengan pencampuran parsial (Monnet, 2003).

Digester *batch* juga menguntungkan ditinjau dari sisi laju pencernaan mikroorganisme karena mikroorganisme mempunyai waktu yang banyak untuk memecah materi organik di dalam digester. Mikroorganisme juga tidak terbawa arus keluar dari sistem digester (Schnurer & Jarvis, 2010). Degradasi substrat di dalam sistem digester *batch* terjadi tanpa adanya materi lain yang ditambahkan atau dibuang hingga akhir waktu tinggal di dalam digester. Hal ini menyebabkan variasi selama waktu tinggal di digester dalam hal produksi dan komposisi gas. Produksi gas mulai meningkat hingga mencapai maksimum pada saat setengah dari waktu tinggal (Deublein & Steinhauser, 2008).

Sistem digester tipe *batch* berbeda dengan sistem digester tipe kontinyu dalam hal substrat yang digunakan, waktu produksi gas, derajat cerna substrat, dan juga biaya pembuatan dan perawatan digester. Digester tipe *batch* lebih mudah untuk dibuat karena secara umum hanya memerlukan satu tangki besar dengan volume tertentu yang tertutup, anaerob, dan memiliki saluran-saluran tertentu jika dibutuhkan, seperti yang ada pada gambar 2.4. Perawatan dan pembuatan digester jenis ini tidak memerlukan biaya yang besar, sehingga cocok

digunakan untuk digester biogas yang digunakan pada rumah-rumah (Li, Park, and Zhu, 2011).



Gambar 2.8 Sketsa digester tipe Batch (A), dan digester tipe kontinyu. Gambar dimodifikasi berdasarkan Nyns (1986).

Derajat cerna terhadap substrat akan berpengaruh terhadap efektivitas reaksi yang terjadi di dalam digester. Semakin tinggi derajat cerna yang dimiliki starter atau digester terhadap suatu substrat, maka akan semakin efektif reaksi pembentukan biogas di dalam digester. Derajat cerna dalam sistem digester *batch* secara umum, lebih tinggi dari pada sistem digester kontinyu. Derajat cerna dalam sistem digester *batch* secara teori bisa 100%, tapi hal tersebut tidak ekonomis karena butuh waktu lama (Schnürer and Jarvis, 2010). Derajat cerna yang tinggi akan membuat biogas cepat diproduksi, di sisi lain substrat juga akan cepat habis. Produksi biogas akan meningkat di awal reaksi dan akan menurun seiring dengan berkurangnya jumlah substrat yang tersedia untuk dicerna di dalam digester (Deublein and Steinhauser, 2008).

2.7 Integrasi Hadits

Pengolahan limbah merupakan tindakan yang perlu dilakukan sebagai cara menjaga kelestarian lingkungan dan keseimbangan alam. Selain sebagai bentuk

menjaga hubungan manusia dengan alam, pengolahan limbah juga dapat menjadi bentuk rasa syukur yang diwujudkan. Menurut Qardhawi (2001) menyatakan bahwa alam penelitian yang dilakukan dihasilkan bahwasanya pelestarian lingkungan hidup itu hukumnya sama dengan *maqaasid asyari'ah* yang terdiri dari menjaga agama, akal, jiwa, keturunan dan harta, maka melestarikan lingkungan hukumnya wajib, karena tanpa berdirinya kelima tujuan tersebut, maka kehidupan manusia dan makhluk lainya akan rusak bahkan punah. Rasulullah ﷺ bersabda dalam hadits yang diriwayatkan oleh Imam Hambali (2001)

عَنْ جَابِرِ بْنِ عَبْدِ اللَّهِ، قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: " مَنْ أَحْيَا أَرْضًا مَيْتَةً، فَلَهُ فِيهَا أَجْرٌ، وَمَا أَكَلَتِ الْعَايَةُ مِنْهَا، فَهُوَ لَهُ صَدَقَةٌ " (رواه أحمد)

Artinya : “Dari Jabir bahwa Nabi ﷺ bersabda, “Barangsiapa yang mengolah tanah yang mati, dia mendapatkan pahala. Apapun yang dimakan oleh makhluk hidup dari hasil olahannya bernilai sedekah bagi dia (Diriwayatkan oleh Ahmad dalam kitab Musnad Imam Ahmad no. 14500) (Hanbal, 2001).

Pelestarian alam juga bernilai ibadah dan mendapatkan pahala. Seperti halnya hadits tersebut apapun hasil olahan meskipun dari suatu hal yang mati (tanah mati) akan bernilai sedekah baginya. Pengolahan limbah dapat juga menjadi salah satu bentuk nyata adanya pengolahan sesuatu yang kurang dimanfaatkan dengan sebaik mungkin. Begitu juga ketika dilakukannya sesuatu hal yang kecil, namun mengandung banyak manfaat didalamnya maka bernilai sedekah baginya. Rasulullah ﷺ bersabda dalam sebuah hadits yang diriwayatkan oleh Al Bukhari (1989) sebagai berikut :

عَنْ مَعْقَلِ بْنِ يَسَارٍ قَالَ : سَمِعْتُ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَقُولُ : «مَنْ أَمَاطَ أَدَى عَنْ طَرِيقِ الْمُسْلِمِينَ كُتِبَ لَهُ حَسَنَةٌ، وَمَنْ تُقْبِلَتْ لَهُ حَسَنَةٌ دَخَلَ الْجَنَّةَ» (رواه البخاري

Artinya : “Dari Ma’qal bin Yasar berkata, “Aku mendengar Rasulullah ﷺ bersabda, ‘Barangsiapa yang menyingkirkan gangguan dari jalanan kaum muslimin, perbuatannya dicatat sebagai satu kebaikan. Barangsiapa yang diterima darinya satu kebaikan, ia akan masuk surga (Diriwayatkan oleh Bukhari dalam kitab Adabul Mufrad Al Bukhari no.593) (Al Bukhari, 1989)

Hadis tersebut menjelaskan bahwa ketika dilakukannya suatu perbuatan meskipun itu kecil, namun mampu membawa keselamatan maka perbuatannya akan dicatat sebagai kebaikan. Suatu perbuatan yang dilakukan untuk menyelamatkan ciptaan Allah ﷻ akan dicatat sebagai bentuk amal ibadah, karena tidak ada suatu perbuatan apapun yang tidak ada balasannya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Dalam pembuatan biogas ini jumlah reaktor yang digunakan sebanyak 27 reaktor dengan menggunakan penelitian bersifat eksperimental faktorial . Penelitian ini terdiri dari 9 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Komponen biogas berupa substrat dan bioaktivator. Substrat berperan sebagai sumber nutrisi bagi kelompok bakteri biogas dan bakteri bioaktivator. Substrat yang digunakan adalah limbah cair industri tepung ikan. Digunakan reaktor tipe *batch* ukuran 1900 L yang diisi dengan komponen biogas keseluruhan sebanyak 1500 ml. Variabel bebas berupa variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi.

Konsentrasi bioaktivator bakteri hidrolitik yang digunakan pada penelitian ini adalah 0 %,10% dan 20 % dari volume kerja reaktor yaitu 1500 ml. Sehingga volume dari konsentrasi inokulum berturut-turut adalah 0 ml, 150 ml dan 300 ml. Konsentrasi sebesar 10% dan 20 % merupakan tindak lanjut dari penelitian Darisaa (2014) yang pada penelitiannya dengan konsentrasi 10% merupakan biogas tertinggi dengan lama fermentasi 4 minggu. Penelitian Fusfita (2015) dengan substrat kompos dan starter feses sapi, dan bakteri hidrolitik konsentrasi 0%,5%,10%, dan 15%. Konsentrasi 15% dan 10% tidak berbeda signifikan biogas yang dihasilkan dengan perbandingan 70,82% dan 70,45%. Variabel terikat berupa pH, suhu, TSS dan volume biogas.

Tabel 3.1 Design Penelitian

Konsentrasi Bioaktivator (%)	Ulangan	Lama Waktu Fermentasi		
		B1	B2	B3
A1	I	A1B1	A1B2	A1B3
	II	A1B1	A1B2	A1B3
	III	A1B1	A1B2	A1B3
A2	I	A2B1	A2B2	A2B3
	II	A2B1	A2B2	A2B3
	III	A2B1	A2B2	A2B3
A3	I	A3B1	A3B2	A3B3
	II	A3B1	A3B2	A3B3
	III	A3B1	A3B2	A3B3

Keterangan : A1: 0% B1: 10 hari
 A2: 10% B2: 17 hari
 A3: 20% B3: 24 hari

3.2 Tempat dan Waktu

Penelitian mengenai BIOGAS ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga September 2016. Bertempat di Laboratorium BIOKIMIA, Laboratorium Genetika, *Greenhouse* dan Laboratorium Mikrobiologi jurusan Biologi fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan meliputi solder, pistol lem tembak, gunting, pisau, toples, kran (kuningan) ukuran 1/4, tutup botol vial, selang, gelas ukur 100 ml, baskom, penyangga (statif) skala lab, dan thermometer 100cc, pH digital, gelas ukur, cawan petri, gelas beaker, sentrifus, cawan poselen, oven, desikator, *magnetic stirrer*, autoklaf, LAF, tabung reaksi, ose, spirtus, dan saringan sterilis.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan meliputi : lem tembak, lem alteco, lem rajawali, dan selotip kran, limbah cair industri tepung ikan, bioaktivator bakteri *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Cellulomonas sp*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, aquades, media NB (*Nutrient Broth*), media NA (*Natrium Agar*), kapas, dan *aluminium foil*.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan konsorsium Bioaktivator

Media NA (*Natrium Agar*) 1,15 g dilarutkan dalam 50 ml aquades pada gelas beker. Selanjutnya dipanaskan pada kompor listrik dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga terlarut sempurna. Media diletakkan pada tabung reaksi sebanyak 6 ml, tutup rapat dengan kapas dan dilapisi aluminium foil. Dilakukan proses sterilisasi dengan menggunakan *autoclaf* selama ± 20 menit dengan suhu 121°C baru selanjutnya media pada tabung reaksi tersebut dimiringkan hingga media menjadi padat. Isolat bakteri hidrolitik yang digunakan yakni *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas fluorescens*, *pseudomonas putida* dan *Cellulomonas*. Masing-masing 1 ose isolat bakteri dari kultur murni kemudian diinokulasikan pada media NA miring steril, dilakukan dengan metode *streak* secara aseptis di bawah LAF. Inkubasi selama 24 jam pada suhu ruang.

Sterilisasi media NB (*Nutrient Borth*) sebanyak 100 ml yang dibuat didalam botol UC sebanyak 5 botol. Isolat bakteri diinokulasikan pada perlakuan (a1) botol UC 100 ml kedalam inkubator selama 24 jam. Sterilisasi media NB sebanyak 250 ml pada erlenmeyer ukuran 250 ml sebanyak 5 botol.

Diinokulasikan bakteri pada perlakuan (a2) erlenmeyer 250 ml, kemudian diinkubasi selama 24 jam. Sterilisasi media NB sebanyak 1000 ml pada autoklaf, yang digunakan untuk 1 bakteri inokulasi bakteri pada jirigen (perlakuan a3) diinkubasi selama 24 jam. Perlakuan (a4) dengan pembuatan konsorsium bakteri hidrolitik dengan menggabungkan keseluruhan bakteri pada jirigen berukuran 10000 ml kemudian diinkubasi selama 48 jam suhu ruang.

Nilai *Optical Density* (OD) dari masing-masing isolat diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 550 nm hingga diperoleh nilai OD sebesar 0,2. Pengukuran nilai OD dilakukan pada setiap perlakuan (a1,a2,a3 dan a4) setelah inkubasi pembuatan konsorsium. Sehingga total volume masing-masing kultur bakteri sebanyak 1000 ml. Diinkubasi selama 48 jam pada suhu ruang (27°C).

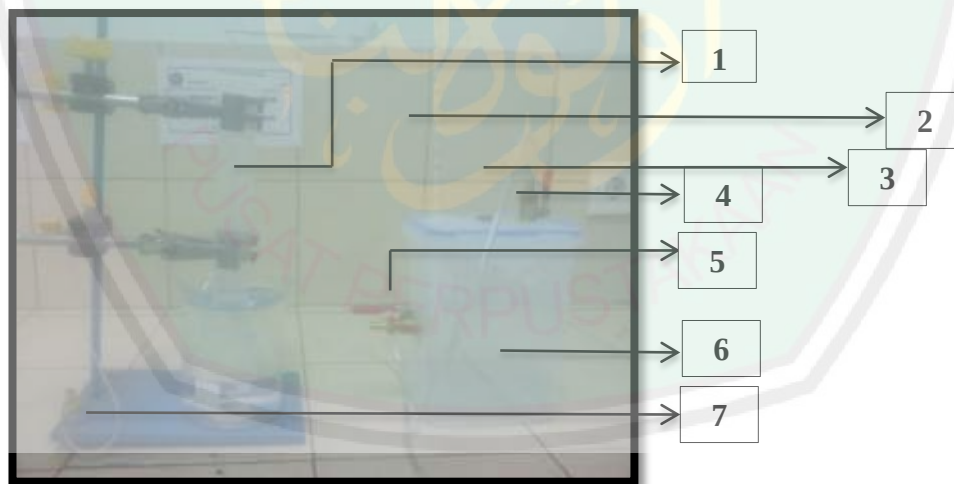
Kebutuhan total volume konsorsium seluruh variasi konsesentrasi bakteri sebanyak 5400 ml, agar tidak terjadi kekurangan volume konsorsium maka ditambah menjadi 5500 ml.

3.4.2 Persiapan bioreaktor anaerobik

Jumlah bioreaktor yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 24 reaktor. Rangkaian bioreaktor kapasitas 1500 ml terdiri dari wadah plastik dengan penutup kedap udara. Bagian atas reaktor disertai dengan kran untuk membuka aliran gas agar mengalir ke gelas ukur. Digunakan selang plastik, sebagai penghubung antara gelas ukur penampungan dengan kran. Antara selang plastik dan gelas ukur penampungan, selang diikat dengan karet gelang dan

direkatkan kembali menggunakan *cling wrap* untuk mencegah adanya kebocoran gas.

Minimalisasi masuknya cahaya matahari yang dapat memicu reaksi fotosintesis dan menjaga kestabilan suhu dalam bioreaktor, maka bioreaktor dilapisi dengan kertas karbon pada seluruh permukaan toples. Pengambilan sampel untuk pengujian parameter melalui kran yang berada dibagian samping reaktor. Pengukuran suhu dapat diketahui melalui thermometer yang berada didalam reaktor, sedangkan volume gas yang dihasilkan diketahui melalui gelas ukur yang diletakkan secara terbalik. Pada masing-masing bioreaktor dipasang label untuk mengetahui perlakuan yang diberikan. Bentuk bioreaktor disajikan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Bioreaktor anaerobic tipe *batch* skala laboratorium.

Keterangan: 1).Gelas ukur terbalik;2).Thermometer;3).Selang plastik penghubung gas;4).Kran penguhung gas biogas ;5).Kran effuen;6).Toples plastik (reaktor);7).Statif .

3.4.3 Persiapan substrat biogas

Substrat Limbah cair didapatkan di Industri Tepung ikan Muncar Bayuwangi. Kondisi limbah dalam keadaan keruh (turbiditas tinggi) dengan kandungan bahan organik tinggi. Akumulasi bahan organik bercampur padatan terlarut dengan ukuran yang berbeda. Dilakukan penyaringan 2 kali secara berkala secara agar substrat yang terakumulasi direaktor tidak tercampur dengan padatan dengan ukuran besar. Pembuatan biodigester dengan mencampurkan substrat limbah cair tepung ikan dengan inokulum bioaktivator. Perlakuan 1 dengan variasi konsentrasi bioaktivator sebanyak 0%,10% dan 20 %. Sedangkan perlakuan 2 dengan variasi waktu lama fermentasi 10, 17, dan 24 hari. Volume digester sebanyak 1500 ml dari 1900 ml volume reaktor, sehingga terdapat ruang diantara digester dengan selang penyalur gas biogas yang dihasilkan.

Substrat ditimbang sebanyak 1500 ml untuk dimasukkan ke dalam masing-masing reaktor pada perlakuan bioaktivator 0%. Perlakuan konsentrasi bioaktivator 10 % pada masing-masing reaktor berisi 1350 ml substrat, dan konsentrasi 20% berisi 1200 ml substrat..

3.4.4 Pemberian strater bioaktivator pada substrat

Pemberian starter bioaktivator bakteri pada setiap sampel perlakuan menggunakan konsentrasi 0,10% dan 20% dari volume total substrat reaktor sebesar 1500 ml. Konsentrasi inokulum 0 % sebagai kontrol, sehingga reaktor berisi substrat sebanyak 1500 ml. Konsentrasi bioaktivator 10 % dari 1500 ml volume total, diisi volume bioaktivator sebanyak 150 ml, dan konsentrasi 20 %

sebanyak 300 ml. Substrat di masukkan dalam reaktor terlebih dahulu, kemudian konsorsium bioaktivator sebanyak formula yang telah ditentukan. Dilakukan pengadukan keseluruhan biodegester agar homogen, sebelum dimulai fermentasi. Ditutup rapat tutup reaktor dengan dilapisi cling wrap agar reaktor dalam keadaan anaerob dan difermentasi selama 24 hari. Pada setiap bioreaktor anaerobik, terdapat berbagai variasi komposisi substrat seperti yang disajikan pada tabel 3.2

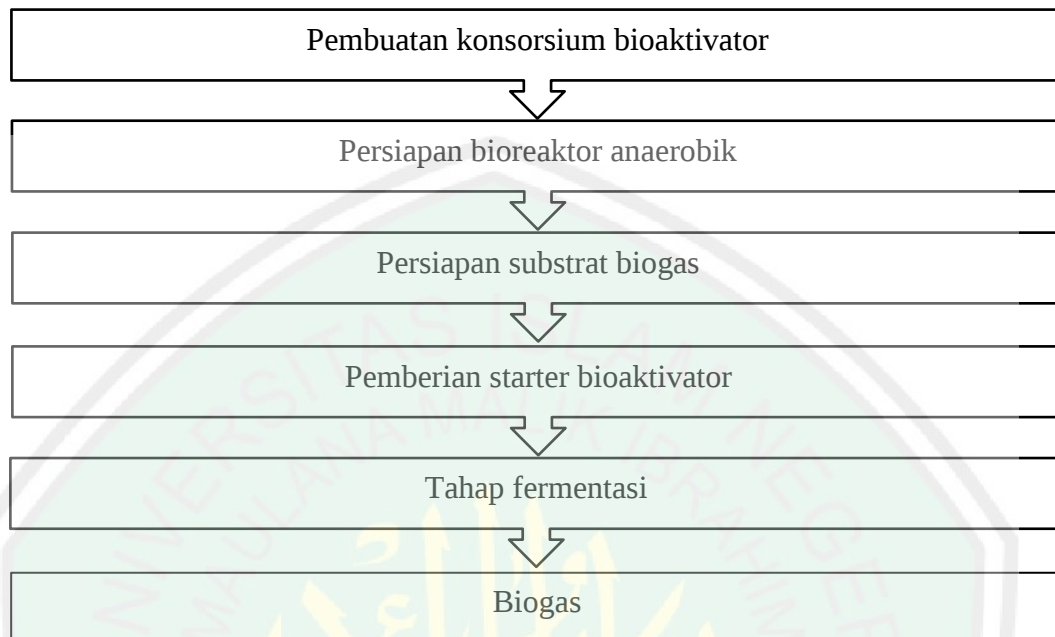
Tabel 3.2 Variasi komposisi substrat pada bioreaktor anaerobik.

Konsentrasi Konsorsium	Volume Bioaktivator	Volume Limbah Cair Tepung Ikan	Volume Total
0%	0 ml	1500 ml	1500 ml
10%	150 ml	1350 ml	1500 ml
20%	300 ml	1200 ml	1500 ml

3.4.5 Tahap fermentasi

Bioreaktor yang telah berisi substrat dan konsorsium diletakkan pada suhu ruang. Fermentasi dilakukan dengan variasi waktu 10, 17, dan 24 hari. Setiap perlakuan dilakukan 3 kali pengulangan. Hasil gas yang terbentuk dan suhu dilakukan pengukuran setiap hari.

3.5 Skema prosedur kerja



Gambar 3.2 Skema penelitian.

3.6 Variabel penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 variabel yakni :

1. variabel bebas : variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi anaerob
2. variabel terikat : pH, suhu, TSS, dan volume biogas
3. variabel terkontrol : substrat limbah cair Industri tepung ikan, suhu $\pm 27^{\circ}\text{C}$, pH awal 7 dan reaktor yang digunakan adalah reaktor *batch* ukuran 1900 L yang diisi dengan komponen biogas keseluruhan sebanyak 1500 ml.

3.7 Analisa Data

Berdasarkan rancangan penelitian yang telah disusun, maka data yang diperoleh dari perlakuan lama waktu fermentasi dan konsesntrasi bioaktivator berupa data eksperimental nilai TSS dan volume gas biogas. Selanjutnya dianalisis dengan menggunakan SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) dengan uji *Two Way* (ANOVA) derajat signifikasi 5% untuk mengetahui adanya pengaruh perlakuan. Bila didapatkan pengaruh dari perlakuan yang diberikan, uji dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf 5% untuk mengetahui adanya signifikasi antar perlakuan.

Cara pengambilan keputusan data dari uji ANOVA ini adalah :

Jika diperoleh $p < \alpha$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

Jika diperoleh $p > \alpha$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak

3.8 Pengamatan Parameter

1 Suhu

Suhu biodigester dilihat melalui thermometer yang berada di reaktor.

Pengukuran suhu dilakukan setiap variasi lama fermentasi

2 pH

Analisis pH menggunakan pH meter HM- 20P. pH meter dikalibrasi sebelumnya dengan menggunakan aquades kemudian sampel diletakkan dalam gelas beker, kemudian dicelupkan pH meter ke dalam sampel yang berada di gelas beker (Yuliastini, 2014). Pengamatan pH dilakukan setiap lama fermentasi yang ditentukan.

3 TSS (*Total Suspended Solid*)

Sampel sebanyak 20 mL disaring dengan kertas saring whatman mess.40. Endapan yang terbentuk dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah dioven pada suhu 105°C selama 30 menit, dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan telah diketahui berat keringnya. Cawan yang telah berisi endapan sampel tersebut dioven dengan suhu 105°C selama 2 jam. Setelah keluar dari oven, cawan yang berisi endapan sampel didinginkan dalam desikator selama 15 menit lalu ditimbang. Selisih berat cawan yang berisi sampel dengan berat kering cawan (dalam mg) dibagi dengan volume sampel (dalam L) merupakan nilai TSS (Yuliastini, 2014).

Perhitungan TSS :

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{B - A}{V}$$

Keterangan:

A= berat cawan kering setelah di oven pada suhu 105°C 30 menit (mg)

B= berat cawan + sampel setelah dioven pada suhu 105°C 2 jam (mg)

V= volume larutan sampel (l)

4 Analisis Volume Biogas

Analisis volume gas dilakukan secara manual dengan menggunakan tabung yang telah terhubung langsung dengan reaktor. Tabung akan diisi dengan air sebagai indikator adanya penambahan gas. Pengamatan volume gas dilakukan tiap 10, 17 dan 24 hari.

3.9 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.3 Alur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama fermentasi terhadap Penurunan TSS

Analisis TSS limbah cair tepung ikan dilakukan agar dapat diketahui perubahan nilai TSS dari limbah setelah dilakukannya perlakuan. Analisis nilai TSS dilaksanakan di Balai Penelitian dan Konseling Industri (BPKI) Surabaya dengan metode penyaringan dan sentrifuse. Hasil analisis TSS limbah awal sebesar 986,50 ppm. Data penurunan nilai TSS pada perlakuan setiap lama fermentasi yang telah ditentukan, yakni 10 hari, 17 hari, dan 24 hari.

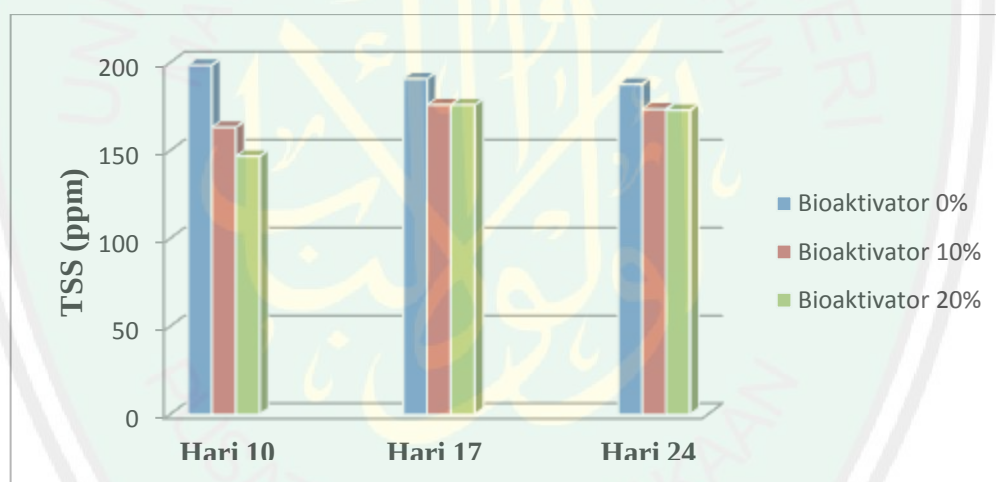
Tabel 4.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi terhadap Nilai TSS (ppm)

Bioaktivator (%)	Lama fermentasi		
	b1 (ppm)	b2 (ppm)	b3 (ppm)
a1	198,53	190,88	187,66
a2	163,13	175,93	173,59
a3	146,69	175,97	172,76

Keterangan : a1= bioaktivator 0% b1=10 hari
 a2= bioaktivator 10% b2=17 hari
 a3= bioaktivator 20% b3=24 hari

Berdasarkan data rata-rata nilai TSS (Tabel 4.1) pada ketiga variasi lama fermentasi terlihat perlakuan a1 yang menunjukkan bioaktivator 0% pada ketiga lama fermentasi mengalami penurunan nilai TSS. Pada fermentasi 10 hari nilai TSS 198,53 ppm, 17 hari 190,88 ppm, dan 24 hari 187,66 ppm. Pada perlakuan a2 yakni dengan bioaktivator 10% terjadi kenaikan nilai TSS pada ketiga variasi lama fermentasi. Lama fermentasi 10 hari nilai TSS 163,13 ppm, terjadi kenaikan divariasi fermentasi 17 hari 175,93, dan 24 hari 173,59 ppm. Pada perlakuan a3

yakni bioaktivator 20% juga terjadi peningkatan nilai TSS pada ketiga variasi lama fermentasi. Lama fermentasi 10 hari nilai TSS rendah yakni 146,69 ppm. Namun, terjadi peningkatan yang cukup tinggi pada fermentasi 17 hari 175,97 ppm dan 24 hari 172,76 ppm. Apabila dibandingkan dengan TSS awal limbah sebesar 986,50 ppm, nilai TSS dengan variasi bioaktivator mengalami penurunan yang besar. Nilai TSS terendah berdasarkan hasil analisis, pada tabel 4.1 perlakuan a3b1 yakni bioaktivator 20% lama fermentasi 10 hari dengan nilai TSS 146,69 ppm. Dibuat grafik nilai TSS bioreaktor yakni gambar 4.1



Gambar 4.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi terhadap Nilai TSS

Akumulasi nilai TSS yang tinggi pada awal analisis beban organik sebesar 986,50 ppm menjadikan dasar penggunaan variasi bioaktivator. Menurut Laili (2010) menyatakan bahwa buangan cair dari pabrik tepung ikan pada umumnya mengandung zat organik. Ibrahim (2005) dalam literturnya juga menjelaskan bahwa pada waktu tertentu dalam jumlah yang tidak sama setiap harinya . pada waktu tertentu jumlah banyak encer terutama mengandung protein dan garam. Pada waktu yang lain dikeluarkan jumlah sedikit namun pekat yang mengandung

protein dan lemak. Pengolahan limbah tepung ikan dirasa mampu menurunkan nilai TSS limbah. Berdasarkan keputusan Menteri menyatakan bahwa batas maksimum TSS limbah adalah 60 mg/l. Parameter utama penelitian biogas ini adalah kenaikan volume biogas dan penurunan nilai TSS. Parameter pendukung termasuk pH, dan suhu. Dilakukan analisis SPSS *Two Ways Anova* antara variasi konsesntrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi biogas terhadap perubahan penurunan nilaiTSS yang dihasilkan.

Data nilai pengukuran TSS berdasarkan perlakuan bioaktivator dan lama fermentasi disajikan pada lampiran 2c. Kemudian data diuji menggunakan *One Sampel Kolmogorov-Smirnov* untuk mengetahui data berdistribusi normal atau tidak. Hasil uji normalitas pengaruh variasi konsentrasi bioaktifator dan variasi lama fermentasi disajikan pada lampiran 4a. Analisis normalitas tersebut menunjukkan data berdistribusi normal sehingga dilanjutkan dengan pengujian *Anova*.

Hasil uji *Two Ways Anova* satu arah dengan derajat signifikasi 5% (0,05), pengujian TSS menunjukkan nilai signifikasi sebesar 0,000. Sehingga 0,000 lebih kecil dibandingkan derajat signifikasi 0,05, maka keputusan yang diambil adalah H_1 diterima dan H_0 ditolak. Diterimanya H_1 menunjukkan adanya pengaruh signifikan pemberian variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap penurunan nilai TSS, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan* (Lampiran 4d) untuk mengetahui pengaruh nyata pada kedua perlakuan. Fermentasi limbah dengan penambahan bioaktifator memberikan pengaruh yang lebih optimal dalam penurunan TSS, apabila dibandingkan dengan tanpa perlakuan khusus. Hal

tersebut dapat juga disebabkan peran bakteri hidrolitik perlakuan mampu bertahan dan berkembang biak dalam substrat limbah. Berikut ini tabel 4.2 hasil analisis *Duncan*

Tabel 4.2 Notasi Analisis *Duncan* Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi terhadap Nilai TSS

Perlakuan	TSS (ppm)	Notasi
a3b1	1,46	a
a2b1	1,63	b
a3b3	1,72	bc
a2b3	1,73	bc
a2b2	1,75	c
a3b2	1,75	c
a1b3	1,87	d
a1b2	1,9	d
a1b1	1,98	d

Keterangan : Perbedaan notasi menunjukkan adanya beda nyata antar perlakuan

Berdasarkan hasil analisis *Duncan* pada lampiran 4d terlihat perlakuan a1b1 yakni bioaktivator 0% lama fermentasi 10 hari dengan notasi 1,98d merupakan nilai TSS tertinggi. Hal tersebut dikarenakan tingginya komponen organik yang kompleks belum terdegradasi secara menyeluruh pada waktu yang sebentar, sehingga nilai TSS masih tinggi. Hasil tersebut berbeda dengan perlakuan a3b1 yakni bioaktivator 20% lama fermentasi 10 hari dengan notasi 1,46a nilai TSS terendah 142,63 ppm. Adanya penambahan bioaktivator menjadikan bahan organik limbah cepat terdegradasi. Hal tersebut sesuai dengan literatur menurut Deublein (2011) bahwa penambahan bakteri hidrolitik akan mempercepat fase *start-up*, meningkatkan efisiensi produksi biogas, dan meningkatkan degradasi bahan organik.

Perlakuan keseluruhan bioaktivator 0% dengan fermentasi 10 hari, 17 hari, dan 24 hari memiliki notasi yang tidak berbeda signifikan terhadap perlakuan bioaktivator 10% dan 20%. Sedangkan bioaktivator 10% 24 hari memiliki notasi yang sama dengan bioaktivator 20% 24 hari. Pada bioaktivator 10% 10 hari berbeda signifikan dengan bioaktivator 10% 17 hari.

Fermentasi dengan perlakuan khusus merupakan salah satu bentuk menjaga kelestarian alam. Pentingnya menjaga agar parameter lingkungan tetap terjaga kelestarian alam juga ditegaskan dalam Al-Quran surat Al-A'raf ayat 56 sebagai berikut :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya : *"Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik."* (QS.al-A'raf:56)

Ayat tersebut dijelaskan dalam Tafsir Ibnu Katsir sebagai berikut (ad-Damasyqi, 2000);

"Dan janganlah kalian membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya", Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى melarang perbuatan yang menimbulkan kerusakan di muka bumi dan hal-hal yang membahayakan kelestariannya sesudah diperbaiki. Karena sesungguhnya apabila segala sesuatunya berjalan sesuai dengan kelestariannya, kemudian terjadilah pengrusakan padanya, hal tersebut akan membahayakan semua hamba Allah. Maka Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى melarang hal tersebut dan memerintahkan kepada mereka untuk menyembah-Nya. Untuk itulah Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى, berfirman *"dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan)"*, yakni dengan perasaan takut terhadap siksaan yang ada di sisi-Nya. Kemudian dalam firman

selanjutnya disebutkan “*Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik*”, maksudnya sesungguhnya rahmat Allah ﷻ selalu mengincar orang-orang yang berbuat kebaikan, yaitu mereka yang mengikuti perintah-perintah-Nya dan menjauhi larangan-larangan-Nya.

Ayat 56 surat al-A’raaf tersebut telah secara tegas memperingatkan orang-orang yang senang berbuat kerusakan di muka bumi. Kerusakan yang ditimbulkan manusia membahayakan kelestarian lingkungan. Sehingga sejatinya setiap manusia dituntut untuk menggunakan, mengolah, dan mengembangkan potensi alam secara bijak tanpa menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan. Beberapa jenis bakteri hidrolitik yang berperan dalam proses degradasi ini yakni *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, dan *Cellulomonas sp.*

Jumlah tiap bakteri hidrolitik dilakukan pengukuran pada volume 100 ml, 300 ml, dan 1000 ml yang kemudian digabungkan bakteri konsorsium. Jumlah bakteri dianalisis dengan pengukuran OD yang berkisar 0,2 (Lampiran 2). Pengukuran OD konsorsium berjumlah 0,676. Perbedaan nilai pengukuran OD berbeda dapat juga disebabkan perbedaan bentuk dan jenis bakteri tersebut dalam pertumbuhannya. Pengukuran OD 100 ml bakteri *Pseudomonas putida* sebesar 1,216, pengukuran OD 300 ml sebesar 1,288, dan OD 1000 ml sebesar 0,91. *Pseudomonas florescens* pada OD 100 ml sebesar 0,450, OD 300 ml 0,385, OD 1000ml 0,596. Menurut Garrity (2009) menyatakan bahwa *Pseudomonas sp* merupakan bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu mendegradasi berbagai jenis hidrokarbon. *Pseudomonas flurescens* yang merupakan bakteri aerob obligat

dengan gram basil negatif. Bakteri ini banyak digunakan pada industri yogurt karena mampu mendegradasi protein dengan baik.

Cellulomonas sp mengalami pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan bakteri yang lainnya, dengan OD 100 ml sebesar 0,029, OD 300 ml sebesar 0,336 OD 1000 ml sebesar 0,469. Menurut Pelczar (1986) bakteri ini mampu mengubah nitrat menjadi nitrit, suhu optimum pertumbuhan yakni 30°C, mampu mensekresikan enzim selulase, yakni suatu enzim ekstraseluler yang menghasilkan selulobiosa pada hidrolisis selulosa. Bakteri golongan *Bacillus* memiliki peran yang lebih kompleks dalam mendegradasi. Menurut Zahida (2013) menyatakan hasil uji kualitatif amilolitik, selulolitik, dan proteolitik dimiliki oleh bakteri *Bacillus*. Mariastuti (2015) menyatakan *Bacillus subtilis* memiliki kemampuan enzim ekstraseluler proteolitik. Manurt Pinto (2012) menyatakan *Bacillus licheniformis* mampu tumbuh diberbagai jenis substrat, menghasilkan enzim hidrolitik, menggunakan asetat dan 2,3 butanodiol sebagai sumber karbon.

Beberapa faktor tertentu menjadikan peran bakteri hidrolitik berperan dalam fermentasi yakni suhu dan pH. Hal tersebut dijelaskan oleh Baehaki (2011) yang menyatakan pada umumnya setiap enzim memiliki aktifitas maksimum pada suhu tertentu, aktifitas enzim akan semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya suhu sampai suhu optimum tercapai. Peningkatan suhu yang terus menerus menyebabkan perubahan sisi aktif enzim, sehingga turunnya aktifitas enzim. Berdasarkan data pengukuran suhu perlakuan konsesntrasi 20% terjadi kenaikan suhu dari awal fermentasi hingga hari ke 17. Pada hari ke 10 suhu berkisar 34°C-35°C dan hari ke 17 berkisar antara 38°C-39°C.

Selain suhu, beberapa aktifitas enzimatik juga disebabkan oleh perubahan pH yang menjadikan bakteri kurang mampu bertahan hidup atau pH yang tidak mencapai nilai optimum. Data pengukuran pH menunjukkan nilai rata-rata 5,12-5,85 pada konsentrasi bioaktifator 10% dan 20%. Sedangkan menurut Suhartono (2004) menyatakan aktifitas protease tertinggi *Bacillus* sp p pada pH 7. Hasil pengukuran pH yang terbilang konstan mnejadikan bakteri optimum dalam aktifitas enzimatik.

Lama fermentasi substrat dan starter dalam reaktor pada proses hidrolisis membutuhkan waktu yang lebih lama tergantung beban organik dari limbah. Menurut Febyanti (2010) menyatakan pada proses batch dimana starter sekaligus dimasukkan, maka mikroorganisme memiliki waktu yang cukup untuk mendegradasi kandungan padatan yang ada pada limbah. Sehingga apabila kandungan padatan terlarut semakin tinggi maka efisiensi penyisihan waktu juga akan semakin lama. Adanya penambahan bioaktivator 20% menjadikan penyisihan waktu degradasi cepat, karena tingginya komponen organik limbah seimbang dengan banyaknya bakteri hidrolitik yang berperan.

Perlakuan lama fermentasi 10 hari dengan konsesntrasi bioaktifator 20% menunjukkan nilai TSS 142,63 ppm. Nilai TSS tersebut jauh lebih rendah dibandingkan dengan nilai TSS pada pengukuran awal sebesar 986,50 ppm. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa limbah tepung ikan akan terdegradasi dengan penambahan bioaktifator dengan efisiensi waktu sebentar. Hal ini merupakan salah satu cara Allah ﷻ menunjukkan bahwa bahkan

ciptaanNya yang sangat kecil pun memiliki peran dalam menjaga kelestarian alam. Allah ﷻ berfirman dalam surat Ali-Imron ayat 191

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطِلًا سُبْحَنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya : “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah ﷻ sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka”.

Makna dari surat Ali Imron ayat 191 tersebut dijelaskan dalam Tafsir Ibnu

Katsir adalah sebagai berikut:

“(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), ‘Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia’. “Tidak sekali-kali Engkau ciptakan semuanya sia-sia melainkan dengan sebenarnya, agar orang-orang yang berbuat buruk dalam perbuatannya Engkau berikan balasan yang setimpal kepada mereka, dan Engkau berikan pahala yang baik kepada orang-orang yang berbuat baik. Lalu “Maha suci Engkau”, yaitu Mahasuci Engkau dari perbuatan menciptakan sesuatu dengan sia-sia. Dan “maka peliharalah kami dari siksa neraka”, yaitu Peliharalah kami, wahai Tuhan Yang Maha Suci dari segala kekurangan, cela dan perbuatan sia-sia, peliharalah kami dari azab neraka dengan upaya dan kekuatan-Mu. Berilah kami taufik (bimbingan) untuk mengerjakan amal-amal yang menyebabkan Engkau ridlo kepada kami. Berilah kami taufik kepada amal saleh yang dapat menuntun kami ke dalam surga yang penuh dengan kenikmatan. Lindungilah kami dari azab-Mu yang amat pedih (Ad-Dimasyqi, 2000).

Surat Ali Imron ayat 191 menjelaskan ciri dari hamba yang beriman adalah dengan mengingat Allah dalam keadaan duduk, berbaring atau berjalan. Dengan senantiasa mengingat Allah ﷻ, maka secara tidak langsung kita akan memikirkan ciptaanNya agar senantiasa tumbuh rasa nikmat syukur terhadap segala sesuatunya. Bahwa tidak ada barang atau sesuatu sekecil apapun didunia

ini yang diciptakan dengan sia-sia. Sama halnya dengan adanya bakteri dalam limbah, yang meskipun secara kasat mata tidak terlihat namun mampu membantu degradasi bahan organik limbah.

4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama fermentasi terhadap Produksi Volume Biogas

Data volume biogas pada tiap perlakuan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi dengan substrat berupa limbah cair tepung ikan disajikan dalam Tabel 4.2. Digunakan perlakuan 0%;10 hari,0%;17 hari,0%;24 hari,10%;10 hari,10%;17 hari,10%;24 hari,20%;10 hari,20%;17 hari, dan 20%;24 hari lama fermentasi.

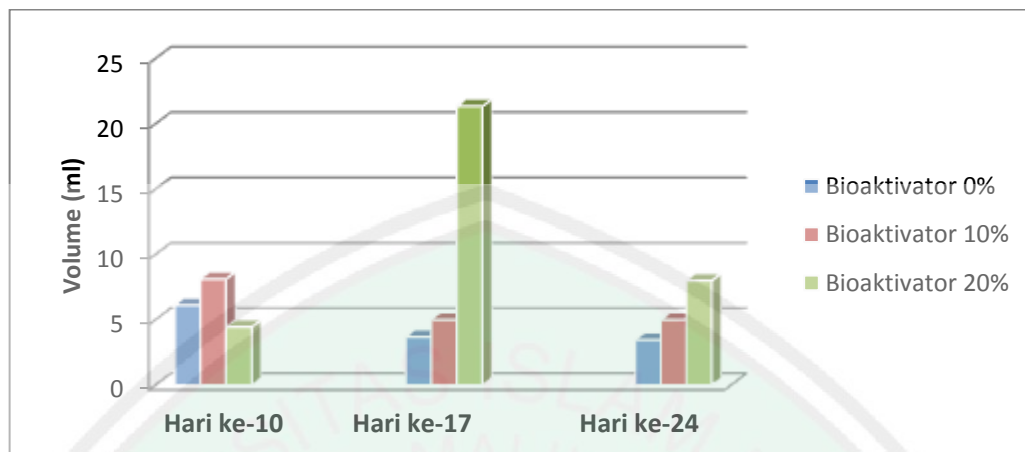
Tabel 4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi terhadap Produksi Volume Biogas (ml)

Bioaktivator (%)	Lama Fermentasi		
	b1 (ml)	b2 (ml)	b3 (ml)
a1	6.11	3.67	3.44
a2	8.11	5	4.99
a3	4.44	21.33	8

Keterangan : a1= bioaktivator 0% b1=10 hari
 a2= bioaktivator 10% b2=17 hari
 a3= bioaktivator 20% b3=24 hari

Selanjutnya data-data tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar

4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi terhadap Produksi Volume Biogas

Berdasarkan gambar 4.2 dan tabel 4.2 tersebut dapat diketahui perubahan volume biogas pada tiap perlakuan. Pada bioaktivator 0% terjadi penurunan pada ketiga variasi lama fermentasi. Fermentasi 10 hari 6,11 ml, 17 hari 3,67 ml, dan 24 hari 3,44 ml. Perlakuan bioaktivator 10% terjadi juga terjadi penurunan jumlah volume pada tahap fermentasi. Fermentasi 10 hari 8,11 ml, 17 hari 5 ml, dan 24 hari 4,99 ml. Pada bioaktivator 20% terjadi kenaikan volume biogas yang tinggi pada fermentasi 17 hari 21,33 ml. Sedangkan pada 10 hari 4,44 ml, kemudian volume turun pada fermentasi 24 hari menjadi 9 ml. Didapatkan pengukuran volume tertinggi pada perlakuan a3b2 dengan bioaktivator 20% 17 hari fermentasi. Tingginya konsentrasi mempercepat tahap hidrolisis, sehingga akumulasi gas yang terbentuk bertambah tinggi. Hasil proses hidrolisis tersebut yang menjadi bahan pada proses asidogenesis dan acetogenesis yang juga menghasilkan produk berupa gas-gas seperti hidrogen, karbondioksida, sulfur, maonia dan beberapa asam-asam.

Menurut Hadi (1990) menyatakan bahwa gas biogas sudah terbentuk pada hari ke 10 setelah fermentasi yaitu sekitar 0,1-0,2 m³/kg dari berat kering. Pada penelitian Fusfita (2015) dengan substrat kompos dan feses sapi, gas pertama terbentuk pada hari ke 10. Namun, dengan substrat limbah cair tepung ikan, volume biogas hari ke 10 telah mencapai antara 4 – 8 ml. Akumulasi volume biogas dengan bioaktifator konsentrasi 20% pada hari ke 17 telah mencapai 21,33 ml, jumlah tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan bioaktifator 0% dan 10% dihari yang sama. Hal tersebut menunjukkan akumulasi bahan organik diuraikan seperti protein dan lemak membutuhkan bioaktivator 20% dengan lama fermentasi 17 hari, dibandingkan dengan waktu 24 hari volume lebih rendah dikarenakan bakteri telah mencapai fase kematian. Hasil pengukuran volume biogas ini lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian Fusfita (2015) menggunakan substrat kompos dan kotoran sapi penambahan bioaktifator bakteri hidrolitik 10% dihasilkan volume biogas pada hari ke 20 sebanyak 1025,46 ml.

Menurut Darrisa (2014) bahwa lama waktu fermentasi bergantung dari temperatur dan jenis substrat yang digunakan serta berkaitan erat dengan proses-proses pembentukan biogas. Proses-proses tersebut berlangsung berlangsung pada saat fermentasi minggu pertama hingga minggu. Dengan adanya karakteristik substrat yang berbeda, maka perlunya penentuan lama fermentasi pengukuran. Hal tersebut sesuai dengan literatur menurut Wahyuni (2010) yakni penentuan gas metan pada masing-masing substrat yang berbeda mempunyai karakteristik lama

waktu yang berbeda pula. Dilakukan analisis SPSS *Two Way Anova* untuk mengetahui signifikasi dari hasil yang didapatkan.

Data uji normalitas volume biogas dilampirkan dalam lampiran 3a. Hasil uji normalitas menggunakan *One Sampel Kolmogorov-Smirnov* pengaruh variasi konsesntrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap kenaikan volume biogas, menunjukkan data berdistribusi normal. Signifikasi pengaruh bioaktivator dan lama fermentasi terhadap volume biogas berdasarkan analisis *TwoWays Anova* (Lampiran 3c) satu arah dengan derajat signifikasi 5%. Hasil analisis SPSS menunjukkan nilai 0,689, nilai ini lebih besar dari 0,05. Berdasarkan hasil uji didapatkan keputusan menerima H_0 dan ditolak H_1 , maka tidak ada pengaruh nyata variasi konsesntrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap volume biogas dari limbah cair tepung ikan. Variasi konsentrasi bioaktifator dan variasi lama fermentasi dengan perbandingan 0%:10 hari, 0%:17 hari, 0%:24 hari, 10%:10 hari, 10%:17 hari, 10%:24 hari, 20%:10 hari, 20%:17 hari, dan 20%:24 hari.

Selama proses fermentasi, nilai pH juga mempengaruhi hasil produksi biogas (lampiran 2b). Menurut Fusfita (2015), derajat keasaman yang optimal untuk proses hidrolisis yaitu 5,0-7,0. Pada data penelitian dengan bioaktivator 20%, rentang pH pada reaktor yakni berkisar 5,06-5,81. Data ini menunjukkan bahwa pH pada tiap perlakuan mendukung proses fermentasi. Akumulasi pH setiap perlakuan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya lama fermentasi, hal tersebut mengindikasikan adanya proses perombakan protein dan asam amino menjadi amonia (NH_3). Menurut Wagiman (2004), amonia

merupakan salah satu senyawa basa dan meningkatkan alkalinitas. Ketersediaan jumlah bakteri yang seimbang dengan bahan organik menjadikan pH cenderung stabil.

Jika dihubungkan dengan kurva pertumbuhan mikroorganisme, maka dapat dijelaskan bahwa jumlah biomassa dalam kasus ini adalah produksi volume biogas tergantung dari jumlah mikroba degradasi dalam proses metanogenesis dengan jumlah kebutuhan nutrisi yang terdapat dalam substrat. Pertumbuhan bakteri diawal proses mengalami masa penyesuaian dengan keadaan didalam substrat yang akan diuraikan, baik dari segi nutrisi, pH atau suhu yang sesuai dengan tempat hidupnya. Selanjutnya bakteri akan mengalami proses pertumbuhan yang begitu cepat (hidrolisis) sehingga akan dihasilkan produksi volume biogas maksimal oleh karena adanya pemanfaatan nutrisi yang baik oleh bakteri. Bioaktivator 20% dalam reaktor menjadikan perombakan protein dan lemak serta karbohidrat membutuhkan waktu lebih sedikit. Fase selanjutnya, bakteri akan mulai kekurangan nutrisi dimana jumlah bakteri yang tumbuh sama banyaknya dengan jumlah bakteri yang mati, sehingga biogas yang dihasilkan cenderung konstan. Selanjutnya bakteri mulai memasuki fase kematian yang disebabkan berkurangnya nutrisi, sehingga produksi biogas akan menurun. Seperti halnya bioaktivator 20% dengan lama fermentasi 24 hari, volume yang dihasilkan sedikit 8 ml dikarenakan bakteri telah mencapai fase kematian.

Berdasarkan penelitian Agustina (2011) dengan substrat limbah tepung tapioka dan bioaktifator ragi tape (*Saccharomyces cereviceae*) dan rumen, konsentrasi bioaktifator 0,08% dan 0,15%, volume biogas mencapai 4400 ml

pada konsesntrasi 0,08% dan biogas tetap dihasilkan hingga hari ke 25. Apabila dibandingkan dengan perlakuan tanpa bioaktifator biogas hanya dihasilkan hingga hari ke 15.

Volume biogas bioaktifator 0% menghasilkan volume berkisar antara 3,44 - 6,11 ml, tetapi dengan bioaktifator 10% dan 20% volume yang dihasilkan lebih tinggi berkisar antara 4,44 – 21,33 ml. Hal tersebut menunjukkan adanya penambahan bioaktivator mempengaruhi produksi volume biogas. Fermentasi 17 hari bakteri pada fase pertumbuhan, sehingga tinggi tingkat degradasi beban organik. Aktivitas degradasi akan menghasilkan gas-gas lain yang terbentuk. Menurut Deublein (2008) produk hasil hidrolisis seperti asam amino, asam lemak, dan glukosa digradasi menjadi asam organik, alkohol, hidrogen dan amonia. Menurut Romli (2010) menyatakan tahap asidogenesis merupakan tahap perombakan bahan organik hasil hidrolisis, meliputi asam-asam format, asetat, propionate, butirrat, laktat, suksinat, etanol, dan senyawa mineral seperti karbondioksida, hidrogen, amonia, dan gas hidrogen sulfida.

Terdegradasinya beban organik dalam lama waktu tinggal direaktor menjadi kunci akumulasi volume biogas yang terbentuk. Pada setiap tahap biogas terjadi perombakan karbohidrat, lemak dan protein yang menjadikan nilai TSS dalam reaktor. Semakin tinggi degradasi menjadikan rendahnya nilai TSS dan bertambahnya tingginya volume biogas akibat aktivitas bakteri pendegradasi limbah. Namun, jika rendah degradasinya menjadikan TSS tinggi sehingga volume biogas yang dihasilkan juga rendah. Aktivitas bakteri pendegradasi menjadi pengendali tingkat degradasi yang dihasilkan. Penambahan bioaktivator

konsentrasi 0% nilai TSS masih pada angkat tinggi yakni sekitar 190,50 ppm maka terjadi penurunan 80% dari pengukuran TSS awal. Volume biogas yang dihasilkan juga rendah berkisar antara 3-6 ml. Bioaktivator 10% terlihat penurunan nilai TSS sekitar 82% dari TSS awal, juga terjadi peningkatan jumlah volume biogas. Bioaktivator 20% terjadi penurunan TSS sebesar 85% dari TSS awal dengan TSS terendah 146,69 ppm. Akumulasi volume biogas juga tinggi yakni 21,33 ml.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Penambahan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai TSS pada bioaktivator konsentrasi 20% dan lama fermentasi 10 hari sebesar 146,69 ppm
2. Penambahan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi tidak memberikan pengaruh nyata ($p > 0,05$) hanya saja perlakuan konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi memberikan peningkatan produksi volume biogas pada konsentrasi bioaktivator 20% lama fermentasi 17 hari sebesar 21,33 ml.

5.2 Saran

1. Diharapkan penelitian selanjutnya melakukan penambahan interval variasi konsentrasi bioaktivator sebesar 15% dan 25% agar terlihat laju pertumbuhan bakteri.
2. Diharapkan teraplikasinya penelitian ini sebagai bentuk pengelolaan limbah industri, limbah pengolahan ikan khususnya

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, T., Tauseef, S., & Abbasi, S.2012. *Biogas Energy*. New York: Springer.
- Abdullah bin Muhammad.200. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 6*. Bogor : Pustaka Imam As-Syafi'i. Diterjemahkan oleh : M. Abdul Ghoffar.
- Abt, B.B.et. al, 2010, Complete genome sequences of *Cellulomonas* sp. type strain(134t), *standarts in genomic sciences*, 3 15-25
- Ad-Dimasqy, Al-Imam F. I, Ibnu Katsir.200. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bandung : Penerbit Sinar Baru Algesindo Bandung. Diterjemahkan oleh Bahrin Abu Bakar, Lc.
- Agustina, F.2011. Evaluasi Parameter Produksi Biogas dari Limbah Cair Industri Tapioka dalam Bioreaktor Anaerob 2 tahap. *Tesis*. Teknik Kimia, Universitas Diponegoro Semarang.
- Al Saedi.2008.*Biogas Handbook*. Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs.
- Anas, I. 2001. Fish Waste as an Alternatif Fertilizer. *Comm.Ag*.7(1):13-18
- Andianto.2011. *Aliran Slurry di dalam Digester Biogas Tipe Aliran Kontinyu*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Baehaki, A.2011. Isolasi dan Karakterisasi Protease dan Bakteri Tanah Rawa Indralaya Sumatera Selatan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, 12 (1)
- Budiyono, P. M dan Ignata Novianti.S.Y.2013. Pengaruh metode fermentasi, komposisi umpan, pH awal, dan variasi pengenceran terhadap variasi biogas. *ALCHEMY* vol.9 no2 hal 1-12
- Chandra, B.2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Damanhuri, E.2008. Pengaruh Perubahan Temperatur terhadap Produksi GasMetan dari Sampah dengan Kadar Materi Terbiodegradasi (Biodegradable) Tinggi, *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1 (2)

- Darisa, D.2014. Pengaruh Variasi Konsentrasi Konsorsium Bakteri Hidrolitik dan Lama Waktu Fermentasi terhadap Produksi Biogas dengan Substrat Kotoran Sapi. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Deublein, D., & Steinhauser, A.2008.*Biogas from Waste and Renewable Resources*. Morlenbach: WILEY-VCH.
- Febyanti.2010.Pengaruh Laju air Umpan Terhadap Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Industri Minyak Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Bermedia Batu skala Pilot Plant. *Seminar Nasional*. Fakultas Teknik-UR
- Fusfita, L.2015.Pengaruh Variasi Konsentrasi Konsorsium Bakteri Hidrolitik dan Waktu Fermentasi terhadap Produksi Biogas dari Campuran Bahan Baku Kompos dengan Kotoran Sapi. *Skripsi*. Departmen Biologi fakultas sains dan teknologi, Universitas Airlangga.
- Foster, C. T.2008.Influence of Total Solid and Inoculum Contents on Performance of Anaerobic Reactors Treating Food Waste, *Bioresource Technology*, 94 (3)
- Garrrity, G. M. Julia, A.B and Timothy, G.2009.*Taxonomic outline of the Prokaryotes Bergey's of Systematic Bacteriology, Second Edition*. Release 5.0 May 2004
- Ghani, M.et al.2013.Isolation and Characterization of Different Strains of *Bacillus licheniformis* for the Production of Commercially Significant Enzymes, *Pak.J.Pharm. Sci* 26 (4), 691-697
- Glazer, A.N dan Nikaido. H.2007.*Microbial Biotechnology: Fundamentals of applied microbiology, Second Edition*. USA:Cambridge University Press
- Gunawan, D.2013.Produksi Biogas Sebagai Sumber Energi Alternatif dari Kotoran Sapi, *Scientific Article*, 1 (2)
- Hadi, N.1990.*Gas Bio sebagai Bahan Bakar*. Lemigas. Cepu
- Hartono, R.2009.Produksi Biogas dari Jerami Padi dengan Penambahan Kotoran Kerbau. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*, (hal. 21-27). Bandung.
- Holt, J.C and Bergey D.H.2000.*Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition*, Williams & Wilkins, Philadelphia
- Husin, A.2008.Pengelolaan limbah cair industri Tahu dengan Biofiltrasi Anaerob dalam Reaktor Fixed – Bed. Thesis. Universitas Sumatera Selatan

Ibrahim, B.2005.Kaji Ulang Sistem Pengelolaan Limbah Cair Industri Hasil Perikanan Secara Biologis Dengan Lumpur Aktif. *Buletin Teknolgi Hasil Perikanan. Vol.VIII Nomor.01 Tahun 2005*

Ivonny, A.2014.Pengaruh Perbandingan Kotoran Sapi dengan Air dan Lama Waktu Fermentasi terhadap Produksi Biogas. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.

Jalaluddin Asy-syuyuti dan Jalaluddin Muhammad Ibnu Ahmad Al-Mahally.2009.Tafsir Jalallain Digital.Tasikmalaya:Kompolasi CHM oleh Dani Hidayat

Khasristya, A.2004.Rancang Bangun dan Uji Kinerja Biodigester Plastik Polyethilene Skala Kecil (Studi Kasus Ds. Cidatar Kec.Cisurupan, Kab. Garut). *Tugas Akhir*. Fakultas Pertanian. UNPAD. Indonesia.

Laili, Rizki R.2010.Laporan Magang di PT.MAYAFOOD Industries (Proses Pembuatan Tepung Ikan) Pekalongan, Jawa Tengah. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Lazuardi, I.2008.Rancang Bangun Alat Penghasi Biogas Model Terapung. *Skripsi*. Medan: Universitas Sumatera Utara

Li, Y., Park, S. Y., & Zhu, J.2011.Solid-state Anaerobic Digesters for Methane Production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 821-826.

Madigan, M.T, et.al.2006.*Biology of Microorganism. 10th Edition*. Prentice. Hall.USA

Mangaiyarkasi, M.S.M. 2011, Bioreductions of Cr (FI) by Alkaliphilic Bacillus subtilis and interaction of the membrans group, *Saudy journal of Biological sciences*. 18, 157-167

Mariastuti, H.D.2015.Pengaruh Konsentrasi Konsorsium Mikroba dan Lama Waktu Biokonversi Limbah Cair Pabrik Tepung Ikan Sebagai Pupuk Organik Cair. *Skripsi*. Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Airlangga. 2015

Martina,A.M.1992.A Low-Energy Process for the Conversion of Fisheries Waste Biomass. *Renewable Energy* 16, 1102-1105

Maryanti.2011.Peningkatan Kinerja Reaktor Biogas dalam Pengelolaan Air Limbah Industri Bioetanol Berbahan Baku Ubi Kayu. *Thesis*. Universitas Lampung.

- Moertinah, S.2010.Kajian Proses Anaerobik sebagai Alternatif Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Organik Tinggi. *Jurnal Riset Pencegahan dan Pencemaran Industri*, 1(2), 14-18.
- Monnet, F.2003. *An Introduction to Anaerobic Digestion of Organic Wastes*. Caledonia: Remade Scotland.
- Murtijo, Agus B.2001.*Beberapa Metode Pengelolaan Tepung Ikan*. Jakarta : Kanisius
- Noresta, F., Jecika, Y., & Faizal, M.2013.Pengaruh Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Ayam. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1), 78-85.
- Novie. 2012. Total Suspended Solid (TSS). <http://environmentalchemistry.wordpress.com/>. Diakses pada tanggal 16 April 2016.
- Nyns, E.1986.*Biomethanation Process*. (W. Schönborn, Ed.) *Biotechnology*, 8, 207-267
- Pelczar, M.J.1986.*Dasar-dasar Mikrobiologi* .Ui-Press : Jakarta.
- Pinto, C. 2012.*Physiological Characterization od Bacillus licheniformis Strain an Chemostat Cultivations*. Departmen of Chemical engineering, Lund University, Sweden.
- Ponsen, O. M. dan L.W. petersen.1988.*Growth of Cellulomonas sp. ATCC 21399 on different polysaccharides as sole carbon source induction of extracellular enzymes*. Appl Microbial. Biotechnology, 29:480-484
- Prasetyo, D.2011.Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Tepung ikan. *Skripsi*. Universitas Pembangunan Nasional Surabaya
- Puspitasari, Fajar D.2012.Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Proteolitik dari Tangki Septik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. Vol. 1, No. 1, (Sept. 2012) Issn: 2301-928
- Rahayu, S. 2004. Karakteristik Biokimiawi Enzim Termotabil Penghidrolisis Kitin (Online) (<http://www.rudycr.com/PPS702-ipb/09145/sri>, diakses 19 maret 2015)
- Rapport, J., Zhang, R., Jenkins, B., & Williams, R.2008. *Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal Organic Solid Waste*. Davis: University of California.

- Romli, M.2010.*Teknologi Penanganan Limbah Anaerobik*. Bogor: TML Publikasi.
- Sahubawa, Latif.2011.Analisis dan Prediksi Beban Pencemaran Limbah Cair Pabrik Pengalengan Ikan. *J. Manusia dan Lingkungan*, Vol18, NO,1
- Sa'id, E.2006.*Bioindustri: Penerapan Teknologi Fermentasi*. Bogor: TML Publikasi.
- Schnürer, A., & Jarvis, Å.2010.*Microbiological Handbook for Biogas Plants*. Swedish Waste Management. Malmö: Avfall Sverige.
- Setiyono, dan Satmoko Y.2008.Potensi pencemaran Dari Limbah Cair Industri Pengolahan Ikan DI Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi. *JAI*, Vol.04, No.02, 2008.
- Sitepu, J.2013.Pengaruh Laju AlirVolumetrik Umpan Static In- Line Mixer terhadap Performance Bioreactor pada Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Kelapa Sawit Skala Pilot Plant. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara.
- Sucipto, I.2009.Biogas hasil fermentasi hidrolisat bagas menggunakan konsrosium bakteri termofilik kotoran sapi. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Insitut Pertanian Bogor, Bogor.
- Suwatno, ArioMukti W.Y.2016.Produksi Biogas Dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Variasi Konsentrasi Kultur Mikroba Pada Reaktor Anaerob. *Tesis Magister Biologi*, Universitas Airlangga : Surabaya.
- Swaathy, S. 2014.Microbial Surfance mediated Degradations of Anthracene in Aqueous Phase by Marine Bacillus licheniformis MTCC5514, *Biotechnology Reports*, 4, 161-170
- Tanata, S.2013.Pengaruh Komposisi Campuran Limbah Padat dan Cair Industri Tapioka Terhadap Presentase Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS) dengan Starter Kotoran Sapi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol.2, No3
- Wahyuni, S. 2011.*Biogas*. Penebar Swadaya: Jakarta
- Werner, U, Storch, V. And Hees, N.1989.*Biogas Plant in Animal Husbandry, Apllication of the Dutchs Guesllechaft Fuer Techmisches Zusemmernabeit (STZ) GnbH*.
- Widartini, B.N.2012.Degradasi Substrat *Volatile Solid* pada Produksi Biogas dari Limbah Pembuatan Tahu dan Kotoran Sapi. *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol.6, No.1. 2012.

- Wiratmana, A., Sukadana, K., & Tenaya, N. 2012). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Bahan Kering terhadap Produksi dan Nilai Kalor Biogas Kotoran Sapi. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 5(1), 1-97.
- Wulansari, F. 2015. Pengaruh Perbandingan Persentase Volume Starter dalam Pemanfaatan POME menjadi Biogas pada Digester Limas Terpacung Secara Batch. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Politeknik Negeri Sriwijaya : Palembang.
- Yanni. 2012. Uji Pembentukan Biogas dari Substrat Sampah Sayur dan Buah dengan Ko-Substrat Limbah Isi Rumen Sapi. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 9 (1), 26-36.
- Yusufa, .H. 2013. Identifikasi dan Studi Aktivitas Protease *Bacillus sp* Asal Limbah Cair Rumah Potong Ayam Tradisional Sebagai Kandidat Penghasil Biodetergen. Studi Pendidikan Dokter Hewan Universitas Brawijaya.
- Zahidah, D dan Maya, S. 2013. Isolasi, Karakterisasi dan Potensi bakteri Aerob sebagai Pendegradasi Limbah Organik. *Jurnal Sains dan Seni POMTS*. Vol.2 No.1. 2337-3520

LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Kerja

a. Uji pewarnaan gram

Bakteri Uji

- Diambil satu ose dan digoreskan pada permukaan preparat steril.
- Ditetesi Kristal violet sebanyak satu tetes dan didiamkan selama 1 menit.
- Dibilas dengan air sampai zat warna luntur.
- Dikeringkan diatas spirtus.
- Ditetesi larutan iodine sebanyak 1 tetes dan diamkan selama 1 menit.
- Dibilas dengan air.
- Dibilas dengan alkohol 75% sampai zat warna luntur.
- Dicuci dengan air.
- Ditetesi safranin sebanyak 1 tetes dan didiamkan selama 45 detik.
- Dicuci dengan air dan dikeringkan.
- Diamati dengan mikroskop binokuler

Hasil

b. Pembuatan bioaktivator

Bakteri Uji

- Dibuat media NA (*Nutrient agar*) sebanyak 50 ml
- Dibuat media miring pada 5 tabung reaksi
- Diambil satu ose dari biakan bakteri murni
- Diinkubasi selama 24 jam
- Dibuat media NB (*Nutrient broth*) sebanyak 100 ml pada botol UC untuk 1 bakteri (perlakuan a1)
- Diinokulasikan masing-masing bakteri secara steak aseptic
- Diinkubasi selama 24 jam
- Diukur nilai OD 550 nm pada masing-masing bakteri
- Dibuat media NB sebanyak 300 ml untuk 1 bakteri (perlakuan a2)
- Diinokulasikan masing-masing bakteri secara streak aseptic
- Diinkubasi selama 24 jam
- Diukur nilai OD 550 nm pada masing-masing bakteri
- Dibuat media NB sebanyak 1000 ml pada jirigen (perlakuan a3)
- Diinokulasikan masing-masing bakteri secara streak aseptic
- Diinkubasi selama 24 jam
- Diukur nilai OD 550 nm pada masing-masing bakteri
- Dicampurkan keseluruhan bakteri pada jirigen ukuran 10000 ml
- Diinkubasi selama 48 jam di suhu ruang
- Diukur nilai OD 550 nm pada konsorsium bakteri

Konsorsium
Bakteri

c. Persiapan Substrat

Limbah Cair
Tepung Ikan

- Dituang limbah dari jirigen kedalam bak berukuran sedang
- Dijemur limbah dibawah sinar matahari agar mencair
- Disaring limbah dengan saringan alimunium
- Dituang limbah kedalam bak berukuran sedang
- Disaring limbah dengan saringan santan (ukuran mess lebih kecil)
- Dimasukkan limbah kedalam bak berukuran sedang

Limbah telah
disaring

Lampiran 2 Tabel Hasil Pengukuran

a. Pengamatan volume biogas (ml)

Perlakuan	Pengamatan		
	Hari 10	Hari 17	Hari 24
a1b11	10	0	0
a1b12	0	15	12
a1b13	9	11	15
a1b21	0	1	0
a1b22	1	2	0
a1b23	9	0	0
a1b31	20	0	0
a1b32	5	3	3
a1b33	1	1	1
a2b11	0	3	0
a2b12	30	10	33
a2b13	3	1	4
a2b21	5	22	5
a2b22	20	7	0
a2b23	17	1	1
a2b31	5	0	0
a2b32	2	1	0
a2b33	1	0	2
a3b11	0	0	0
a3b12	2	0	0
a3b13	1	0	0
a3b21	0	8	30
a3b22	0	1	2
a3b23	0	6	0
a3b31	1	34	27
a3b32	36	23	13
a3b33	0	2	0

Perlakuan	Lama Fermentasi		
	Hari 10 (ml)	Hari 17 (ml)	Hari 24 (ml)
a1b1	6.33	8.67	9
a1b2	3.33	1	0
a1b3	8.67	1.33	1.33
a2b1	11	4.67	12.33
a2b2	10.67	10	2
a2b3	2.67	0.33	0.66
a3b1	1	0	0
a3b2	0	5	10.67
a3b3	12.33	59	13.33

b. Pengamatan pH

pH aquades	Hari 0	Hari 10	Hari 17	Hari 24
	5.25	5.32	6.25	6.48
a1b11	5.40	5.28	5.12	4.99
a1b12	5.37	5.45	5.23	5.22
a1b13	5.41	5.47	5.61	5.22
a1b21	5.35	5.27	5.13	5.30
a1b22	5.29	5.35	5.02	5.23
a1b23	5.36	5.29	5.24	5.33
a1b31	5.29	5.33	5.11	5.26
a1b32	5.28	5.37	5.06	5.32
a1b33	5.30	5.36	5.09	5.34
a2b11	5.45	5.40	5.28	5.41
a2b12	5.50	5.37	5.35	5.22
a2b13	5.53	5.52	5.25	5.23
a2b21	5.46	5.44	5.20	5.31
a2b22	5.51	5.29	5.19	5.35
a2b23	5.39	5.50	5.32	5.28
a2b31	5.41	5.35	5.46	5.19
a2b32	5.20	5.45	5.21	5.12
a2b33	5.14	5.36	5.23	5.16
a3b11	5.27	5.40	5.16	5.25
a3b12	5.52	5.48	5.19	5.37
a3b13	5.44	6.68	5.25	5.24
a3b21	5.44	5.73	5.35	5.42

a3b22	5.16	5.81	5.40	5.13
a3b23	5.30	5.16	5.06	5.17
a3b31	5.33	5.44	5.71	5.14
a3b32	5.25	5.46	5.31	5.05
a3b33	5.27	5.16	5.21	5.19

Perlakuan	Lama Fermentasi			
	Hari 0	Hari 10	Hari 17	Hari 24
a1b1	5.39	5.40	5.32	5.14
a1b2	5.33	5.30	5.13	5.28
a1b3	5.29	5.35	5.08	5.30
a2b1	5.49	5.43	5.29	5.28
a2b2	5.45	5.41	5.23	5.31
a2b3	5.25	5.38	5.30	5.15
a3b1	5.41	5.85	5.20	5.28
a3b2	5.30	5.57	5.27	5.24
a3b3	5.28	5.35	5.41	5.12

c. Analisis Nilai TSS (*Total Suspended Solid*) ppm

TSS Limbah = 986,50 ppm

Perlakuan	Hari 10 (ppm)	Hari 17 (ppm)	Hari 24 (ppm)
a1b11	210.5	195.80	201.60
a1b12	230.8	211.32	203.05
a1b13	221.6	209.44	200.50
a1b21	205.6	190.56	186.08
a1b22	198.6	205.33	187.32
a1b23	191.9	187.98	186.55
a1b31	178.6	172.40	176.04
a1b32	182.4	176.52	174.06
a1b33	166.8	168.59	173.80
a2b11	180.6	192.60	175.30
a2b12	172.7	180.90	176.80
a2b13	176.2	182.98	174.70
a2b21	148.6	175.60	170.90
a2b22	154.2	170.56	172.58
a2b23	162.0	169.72	173.41

a2b31	154.6	171.13	174.03
a2b32	160.1	172.09	172.80
a2b33	159.2	167.85	171.88
a3b11	138.6	190.80	180.82
a3b12	146.5	189.90	181.54
a3b13	142.8	185.40	178.90
a3b21	147.6	174.21	166.80
a3b22	150.2	166.50	167.51
a3b23	145.8	162.99	168.04
a3b31	152.4	175.42	170.50
a3b32	148.9	170.04	171.02
a3b33	147.5	168.52	169.74

Perlakuan	Lama Fermentasi		
	Hari 10 (ppm)	Hari 17 (ppm)	Hari 24 (ppm)
a1b1	220.96	205.52	201.71
a1b2	198.70	194.62	186.65
a1b3	175.93	172.50	174.63
a2b1	176.50	185.49	175.60
a2b2	154.93	171.96	172.29
a2b3	157.96	170.35	172.90
a3b1	142.63	188.70	180.42
a3b2	147.86	167.90	167.45
a3b3	149.60	171.32	170.42

d. Pengamatan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Perlakuan	Hari 10	Hari 17	Hari 24
a1b11	35.0	38.0	38.0
a1b12	36.0	39.0	39.0
a1b13	34.5	38.0	38.0
a1b21	34.5	39.0	39.0
a1b22	35.0	39.0	39.0
a1b23	35.0	38.0	37.0
a1b31	37.0	41.0	40.0
a1b32	34.0	39.0	38.0
a1b33	34.0	38.0	38.0
a2b11	35.0	38.0	38.0
a2b12	35.0	39.0	38.0
a2b13	35.0	38.0	37.5
a2b21	34.0	38.0	36.0
a2b22	35.0	39.0	39.0
a2b23	35.0	38.0	38.0
a2b31	33.0	37.0	37.0
a2b32	32.5	35.0	35.5
a2b33	33.5	38.0	37.0
a3b11	34.5	39.0	39.0
a3b12	34.0	39.0	36.0
a3b13	34.0	38.0	36.5
a3b21	34.0	38.5	37.5
a3b22	33.0	38.0	36.5
a3b23	34.0	38.0	37.0
a3b31	35.0	38.0	38.5
a3b32	34.0	38.5	37.0
a3b33	35.0	38.5	38.0

Perlakuan	Lama Fermentasi		
	Hari 10 (°C)	Hari 17 (°C)	Hari 24 (°C)
a1b1	35.16	38.33	38.33
a1b2	34.83	38.67	38.33
a1b3	35.00	39.33	38.67
a2b1	35.00	38.33	37.83
a2b2	34.67	38.33	37.67
a2b3	33.00	36.67	36.50
a3b1	34.16	38.67	37.16
a3b2	33.67	38.16	37.00
a3b3	34.67	38.33	37.83

e. Pengukuran Pertumbuhan Bakteri OD (*Optical Density*) 100 ml

Bakteri	OD
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.450
<i>Pseudomonas putida</i>	1.216
<i>Bacillus licheniformis</i>	0.309
<i>Bacillus subtilis</i>	0.520
<i>Cellulomonas sp.</i>	0.029

f. Pengukuran Pertumbuhan Bakteri OD (*Optical Density*) 300 ml

Bakteri	OD
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.385
<i>Pseudomonas putida</i>	1.288
<i>Bacillus licheniformis</i>	0.627
<i>Bacillus subtilis</i>	0.477
<i>Cellulomonas sp.</i>	0.336

g. Pengukuran Pertumbuhan Bakteri OD (*Optical Density*)1000 ml

Bakteri	OD
<i>Pseudomonas flourescens</i>	0.596
<i>Pseudomonas putida</i>	0.91
<i>Bacillus licheniformis</i>	0.4
<i>Bacillus subtilis</i>	0.641
<i>Cellulomonas sp.</i>	0.469

h. Pengukuran Pertumbuhan Bakteri Konsorsium OD (*Optical Density*)

Konsorsium	OD
u1	0.677
u2	0.680
u3	0.672
Rata-rata	0.676

Lampiran 3 Hasil Analisis SPSS Volume Biogas

a. Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Transform Volume
N		81
Normal Parameters ^a	Mean	.4279
	Std. Deviation	.53843
Most Extreme Differences	Absolute	.317
	Positive	.317
	Negative	-.213
Kolmogorov-Smirnov Z		2.857
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000
a. Test distribution is Normal.		

b. Uji Homogenitas

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: TransformVolume

F	df1	df2	Sig.
.771	8	72	.629

c. Anova Two Ways

Tests of Between-Subjects EffectsDependent
Variable: Volume.Biogas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	320.765 ^a	8	40.096	.436	.895
Intercept	2820.790	1	2820.790	30.705	.000
Konsentrasi.Bioatifikasi	93.506	2	46.753	.509	.603
Lama_Fermentasi	19.654	2	9.827	.107	.899
Konsentrasi.Bioatifikasi *	207.605	4	51.901	.565	.689
Lama_Fermentasi					
Error	6614.444	72	91.867		
Total	9756.000	81			
Corrected Total	6935.210	80			

Lampiran 4 Hasil Analisis SPSS TSS

a. Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		TSS
N		81
Normal Parameters ^a	Mean	1.7613E2
	Std. Deviation	1.82213E1
Most Extreme Differences	Absolute	.115
	Positive	.115
	Negative	-.101
Kolmogorov-Smirnov Z		1.035
Asymp. Sig. (2-tailed)		.234

a. Test distribution is Normal.

b. Uji Homogenitas

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent
Variable:TSS

F	df1	df2	Sig.
5.652	8	72	.000

a. Design: Intercept + Konsentrasi.Bioatifator + Lama_Fermentasi + Konsentrasi.Bioatifator * Lama_Fermentasi

c. *Anova Two Ways***Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	17149.202 ^a	8	2143.650	16.399	.000
Intercept	2512830.859	1	2512830.859	1.922E4	.000
Konsentrasi.Bioaktivator	11111.479	2	5555.740	42.500	.000
Lama_Fermentasi	1920.694	2	960.347	7.346	.001
Konsentrasi.Bioaktivator * Lama_Fermentasi	4117.028	4	1029.257	7.874	.000
Error	9412.002	72	130.722		
Total	2539392.062	81			
Corrected Total	26561.204	80			

d. *Uji Duncan***TSS**

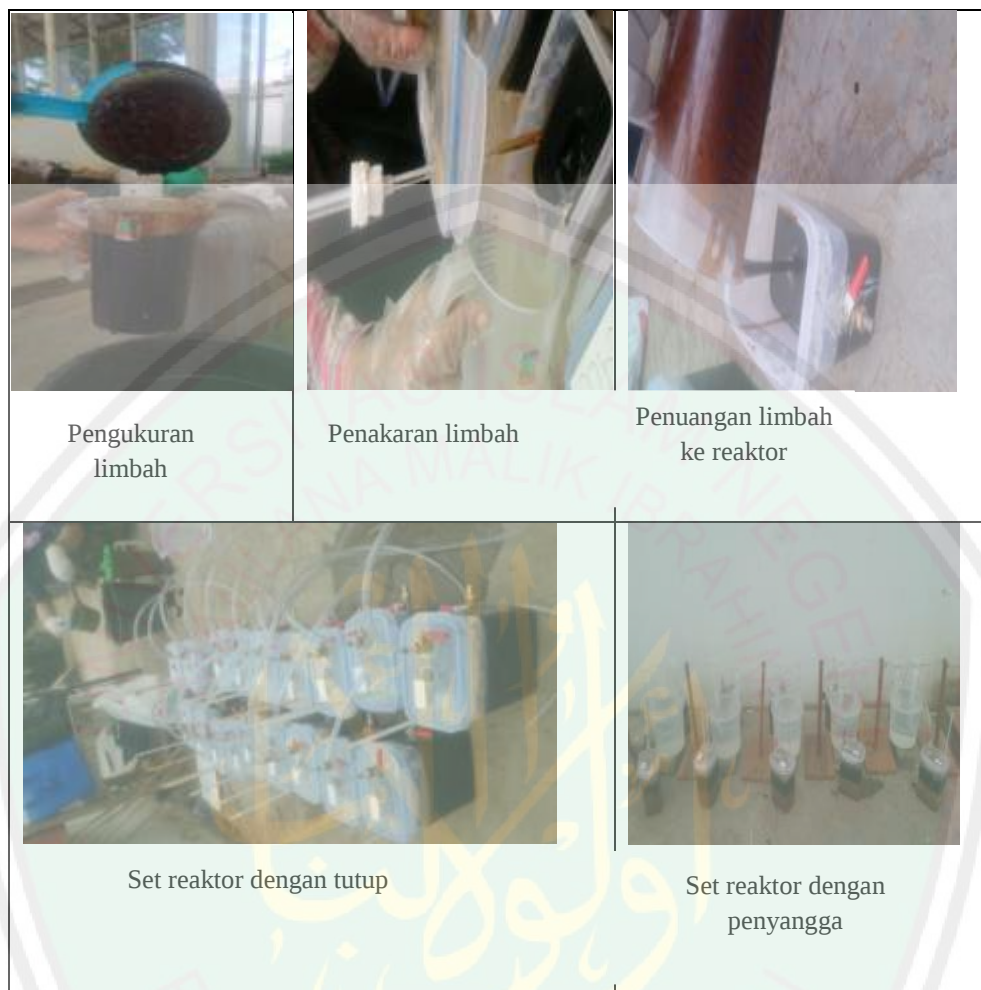
Perlakuan	N	Notasi			
		1	2	3	4
Duncan ^a a3b1	9	1.4670E2			
a2b1	9		1.6313E2		
a3b3	9		1.7276E2	1.7276E2	
a2b3	9		1.7360E2	1.7360E2	
a2b2	9			1.7594E2	
a3b2	9			1.7598E2	

a1b3	9				1.8767E2
a1b2	9				1.9088E2
a1b1	9				1.9853E2
Sig.		1.000	.070	.594	.060

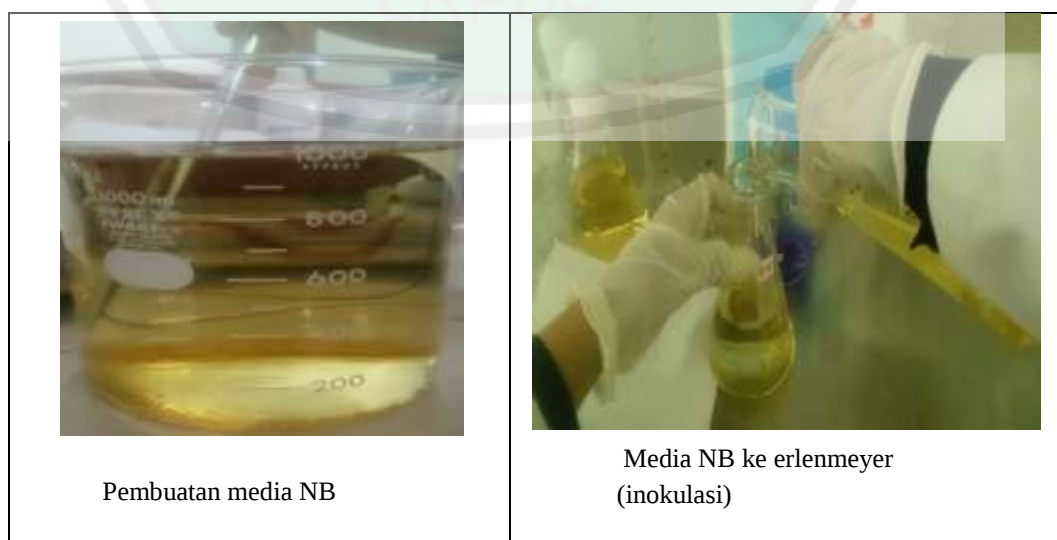
Lampiran 5 Dokumentasi

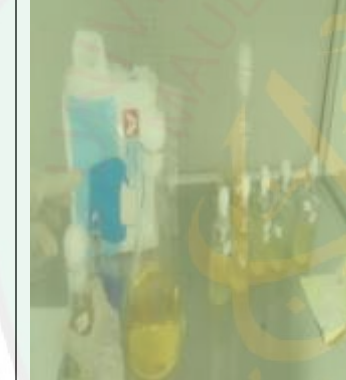
a. Persiapan reaktor





b. Pembuatan bioaktivator



		
Inokulasi bakteri 100 ml sebelum inkubasi	Inokulasi bakteri 100 ml setelah inkubasi	
		
Inkubasi biakan bakteri 100 ml ke 300 ml	Penuangan media NB untuk biakan 300 ml	Biakan bakteri 300 ml sebelum
		
Biakan 300 ml setelah inkubasi	Penuangan media NB 1000 ml	Inokulasi bakteri

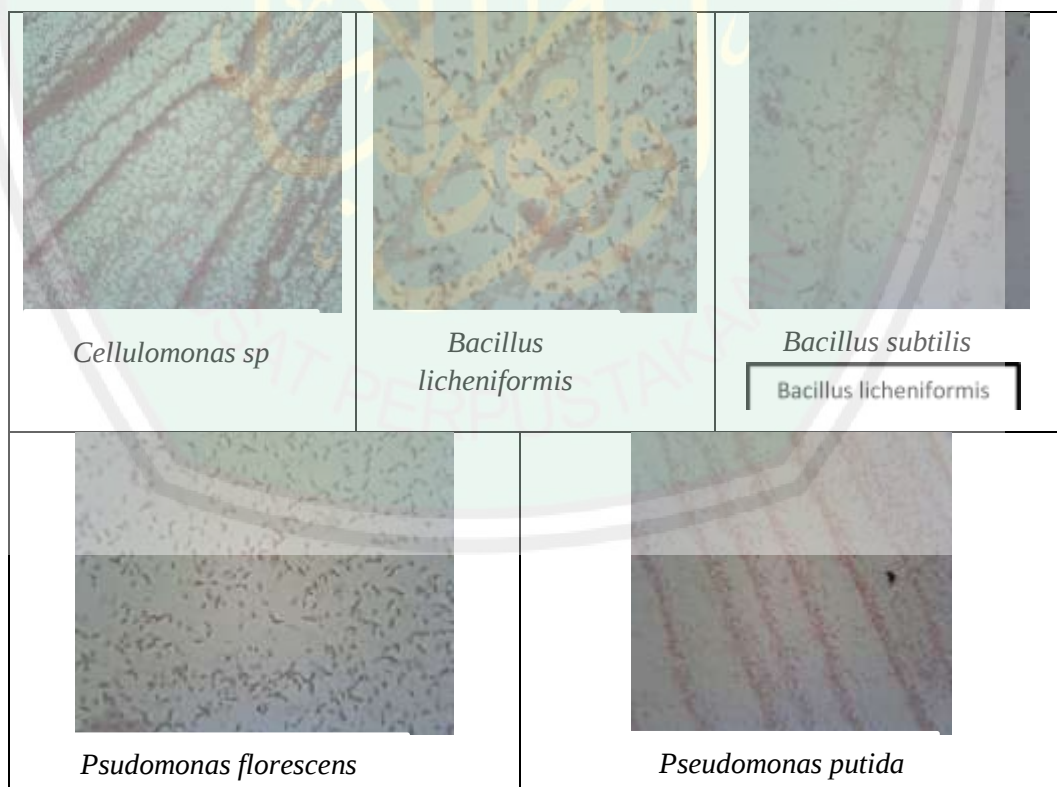


c. Pengujian gram

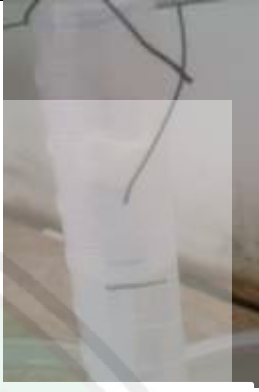




d. Hasil pewarnaan gram



e. Pengamatan parameter

 Pengamatan pH dengan pH meter	 pH meter	 Pengukuran volume dengan gelas ukur terbalik
 Pengambilan biodegester untuk pengukuran pH	 Pengambilan biodegester untuk pengukuran TSS	

Lampiran 6 Hasil Analisis BPKI

BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI LABORATORIUM PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI SURABAYA – JAWA TIMUR



REPORT

Certificate of Analysis

No : DG218/KI/IX-2016
Code : Penelitian
Sample Sender : Mhs. Bio UIN Malang
Sample Name : Limbah Cair T. Ikan
Test : TSS
Sample Brand :
Sample Identity : Cairan kepeklatan
Sample Accepted : 6 Sept. 2016

Chemical laboratory test result is :

Kode	TSS, ppm	Kode	TSS, ppm	Kode	TSS, ppm
A101.1.	201,50	A201.1.	175,30	A301.1.	180,82
2.	203,03	2.	176,80	2.	181,54
3.	200,50	3.	174,70	3.	178,90
A102.1.	186,08	A201.1.	170,50	A302.1.	166,80
2.	187,32	2.	172,58	2.	167,51
3.	186,55	3.	173,41	3.	168,04
A103.1.	176,04	A203.1.	174,03	A303.1.	170,50
2.	174,03	2.	172,80	2.	171,02
3.	173,88	3.	171,88	3.	169,74



Surabaya, 13 Sept. 2016
Head Chemical Laboratory Researcher
[Signature]
Mrs M. Fatoni, M.S.

Laboratory Office Jl. Ketintang Baru XVII no 14
Telp 08155151337, Bank BCA – Bank Jatim
Surabaya

BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI



LABORATORIUM

PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI

SURABAYA – JAWA TIMUR

REPORT

Certificate of Analysis

No : 06202/KI/VIII-2016
 Code : Penelitian
 Sample Sender : Mhs.Sis UIN Malang
 Sample Name : Limbah Cair T Ikon
 Test : TSS
 Sample Brand :
 Sample Identity : Cairan keoklatan
 Sample Accepted : 23 Agust.2016

Chemical laboratory test result is:

Kode	TSS,ppm	Kode	TSS,ppm	Kode	TSS,ppm
A1B1.1.	230,5	A2B1.1.	180,6	A3B1.1.	138,6
2.	230,8	2.	172,7	2.	146,5
3.	221,6	3.	176,2	3.	142,8
A1B2.1.	205,4	A2B2.1.	148,6	A3B2.1.	147,6
2.	198,6	2.	154,2	2.	150,2
3.	191,9	3.	162,0	3.	145,8
A1B3.1.	178,6	A2B3.1.	134,6	A3B3.1.	152,4
2.	182,4	2.	160,1	2.	148,9
3.	166,8	3.	169,2	3.	147,5

Surabaya, 29 Agust.2016
 Head of Chemical Laboratory Researcher

 Drs M. Fatoni, M.S.

Laboratory Office Jl. Ketintang Baru XVII no 14
 Telp 08155151337, Bank BCA – Bank Jatim
 Surabaya

BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI LABORATORIUM



PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
SURABAYA – JAWA TIMUR

REPORT

Certificate of Analysis

No : 06207/KI/II-2016
Code : Penelitian
Sample Sender : Mhs.Bio UIN Malang
Sample Name : Limbah Cair T Ikan
Test : TSS
Sample Brand :
Sample Identity : Cairan kecapklatan
Sample Accepted : 26 Agustus 2016

Chemical laboratory test result is :

Kode	TSS,ppm	Kode	TSS,ppm	Kode	TSS,ppm
A181.1.	195,80	A281.1.	192,60	A381.1.	190,80
2.	211,32	2.	190,90	2.	189,90
3.	209,44	3.	182,98	3.	185,40
A182.1.	190,56	A282.1.	175,60	A382.1.	174,21
2.	205,33	2.	170,56	2.	165,50
3.	187,98	3.	169,72	3.	162,99
A183.1.	172,40	A283.1.	171,13	A383.1.	175,42
2.	176,52	2.	172,09	2.	170,04
3.	168,59	3.	167,85	3.	168,52

Surabaya, 31 Agustus 2016
Head of Chemical Laboratory Researcher

Drs M. Fatoni, M.S.

Laboratory Office Jl. Ketintang Baru XVII no 14
Telp 08155151337, Bank BCA – Bank Jatim
Surabaya



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Telp. (0341) 558933, Fax. (0341) 558933 Malang

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Ginanjar Azzukri Ayu.L
NIM : 12620010
Program Studi : SI Biologi
Semester : Ganjil/ Genap TA.....
Pembimbing : Dr. Hj. Utah Utami, M.Si
Judul Skripsi : Degradasi Bahan Organik Limbah Cair Tepung Ikan dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Prokultivator dan Variasi Lama Fermentasi

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1	20 Januari 2016	Konsultasi Judul Penelitian	<i>Ut</i>
2	18 Februari 2016	Revisi judul penelitian	<i>Ut</i>
3	14 Februari 2016	Konsultasi BAB I (Latar Belakang)	<i>Ut</i>
4	22 Februari 2016	Revisi BAB I	<i>Ut</i>
5	29 Februari 2016	Revisi BAB I	<i>Ut</i>
6	09 Maret 2016	Konsultasi BAB II dan BAB III	<i>Ut</i>
7	5 Mei 2016	Seminar proposal	<i>Ut</i>
8	09 Juni 2016	Konsultasi BAB IV dan BAB V	<i>Ut</i>
9	06 Oktober 2016	Revisi BAB IV dan BAB V	<i>Ut</i>
10	15 November 2016	Konsultasi BAB III dan BAB IV	<i>Ut</i>
11	24 November 2016	Revisi BAB III dan BAB IV	<i>Ut</i>
12	22 Desember 2016	Acc BAB I, II, III, IV, dan V	<i>Ut</i>
.....			
.....			

Pembimbing Skripsi,

Malang, 10 Januari 2017
Ketua Jurusan,

Ut
Dr. Hj. Utah Utami, M.Si
NIP. 19650503 199803 2002



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 197410182003122002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 58 Telp. (0341) 559933, Fax. (0341) 559933 Malang

KARTU KONSULTASI PERWALIAN

Nama : Gaiyasar Azzaikhri Ayah
NIM : 12620010
Program Studi : SI Biologi
Pembimbing : Mujahidin Ahmad, M.Sc
Judul Skripsi : Degradasi Bahan Organik Limbah Cair Tampung Ikan dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Biotransformer dan Variasi Lama Fermentasi

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1	19 Februari 2016	Konsultasi BAB I	
2	22 Februari 2016	Revisi BAB I	
3	09 Maret 2016	Konsultasi BAB I dan II	
4	13 Maret 2016	Revisi BAB I dan II	
5	31 Maret 2016	Acc BAB I, II, III	
6	09 Juni 2016	Konsultasi BAB IV	
7	27 September 2016	Konsultasi BAB V	
8	21 November 2016	Konsultasi Naskah keseluruhan	
9	22 Desember 2016	Acc Naskah keseluruhan	
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Dosen Pembimbing

Mujahidin Ahmad, M.Sc
NIP. 2013 0902 813

Malang, 10 Januari 2017
Ketua Jurusan,



Dr. Erika Sandi Savitri, M.P
NIP. 197410112003122002