

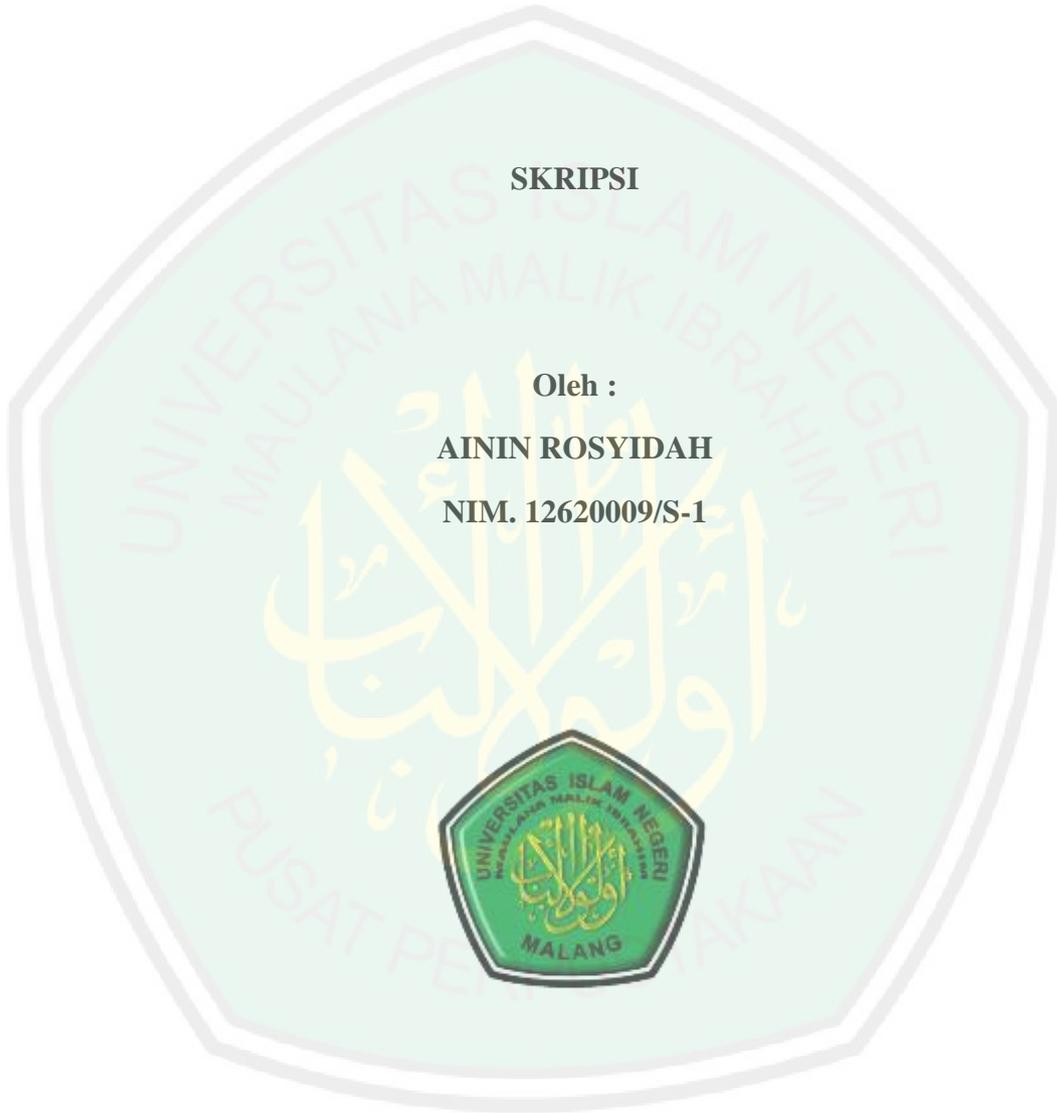
**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI BIOAKTIVATOR DAN LAMA  
FERMENTASI TERHADAP PENINGKATAN VOLUME BIOGAS DAN  
KADAR GAS METAN DARI LIMBAH CAIR TEPUNG IKAN**

**SKRIPSI**

Oleh :

**AININ ROSYIDAH**

**NIM. 12620009/S-1**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2016**

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI BIOAKTIVATOR DAN LAMA  
FERMENTASI TERHADAP PENINGKATAN VOLUME BIOGAS DAN  
KADAR GAS METAN DARI LIMBAH CAIR TEPUNG IKAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada :  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri  
Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Biologi**

**Oleh :  
AININ ROSYIDAH  
NIM. 12620009**

**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2016**

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI BIOAKTIVATOR DAN LAMA  
FERMENTASI TERHADAP PENINGKATAN KADAR GAS METAN DAN  
VOLUME BIOGAS DARI LIMBAH CAIR TEPUNG IKAN**

SKRIPSI

Oleh :

**AININ ROSYIDAH**

NIM. 12620009

Telah disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Dr. Ulfah Utami, M.Si  
NIP. 19630509 199903 2 002

Dosen Pembimbing II

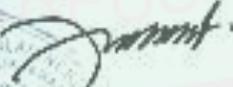


Mujahidin Ahmad, M.Sc  
NIPT. 2013 0902 1313

Tanggal Desember 2016

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi


Dr. Evika Sandi Savitri, M.P  
NIP. 19741018 200312 2 002

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI BIOAKTIVATOR DAN LAMA  
FERMENTASI TERHADAP PENINGKATAN KADAR GAS METAN DAN  
VOLUME BIOGAS DARI LIMBAH CAIR TEPUNG IKAN**

SKRIPSI

Oleh :

**AININ ROSYIDAH**

**NIM 12620009**

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

Tanggal : 29 Desember 2016

Penguji Utama	<u>Drs. Agus Supriyanto, M. Kes</u> NIP. 19620824 198903 1 002	
Ketua Penguji	<u>Ir. Liliek Harianie AR, M.P</u> NIP. 19620901 199803 1 001	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. Ulfah Utami, M.Si</u> NIP. 19650509 199903 2 002	
Anggota Penguji	<u>Mujahidin Ahmad, M. Sc</u> NIP. 2013 0902 1313	

Mengetahui dan Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Biologi

  
  
Dr. Evika Sandi Savitri, M.P  
NIP. 19741018 200312 2 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ainin Rosyidah

NIM : 12620009

Fakultas /Jurusan : Biologi/ Sains dan Teknologi

Judul penelitian : Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator Dan Lama Fermentasi Terhadap Volume Biogas Dan Kadar Gas Metan Dari Limbah

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,



Ainin Rosyidah

NIM. 12620009

## MOTTO

خَيْرُكُمْ مَنْ تَعَلَّمَ الْقُرْآنَ وَعَلَّمَهُ

*“Sebaik-baik kalian adalah orang yang belajar Al-Qur`an dan mengajarkannya.”*

إِنْ أَحْسَنْتُمْ أَحْسَنْتُمْ لِأَنْفُسِكُمْ

*“Jika kalian berbuat baik, sesungguhnya kalian berbuat baik bagi diri kalian sendiri” (QS. Al-Isra:7)*

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah robbil'alamin, segala puji dan syukur kehadirat Allah Swt, Dzat yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah serta taufiqnya kepada hamba-hamba yang dikehendaki-Nya.

Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Baginda Rosul Muhammad Saw, beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tulisan ini kami persembahkan kepada ibunda tercinta Almarhumah Yatonah, dan Bapak tercinta Robiyan serta keluarga besar bani Musaji, yang senantiasa memberikan dukungan baik secara lahir maupun batin dan mendoakan penulis dengan penuh keikhlasan.

Kepada sahabat Ginanjar Azzukhri A.L dan Nuning Eka Oktrivia yang senantiasa sabar menerima segala baik buruknya saya, yang tidak pernah bosan untuk berproses bersama untuk menjadi lebih baik lagi, semoga nantinya Allah Meridhoi kita untuk menjadi teman surga

Tidak lupa pula kepada sahabat-sahabat seiman, seperjuangan yang selalu ada dan kebersamai dalam jatuh bangun mempertahankan diri.

## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum wr. Wb

Alhamdulillah robbil ‘alamiin, segala puji dan syukur hanya milik Allah Swt., Tuhan seru sekalian alam, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan barokah, Insya Allah. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Baginda Rosulullah Muhammad ﷺ, beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam proses pelaksanaan penelitian hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini. Untuk itu ucapan banyak terimakasih penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Sc selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Dr. Ulfah Utami, M.Si dan Bapak Mujahidin Ahmad, M. Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulus dengan sangat sabar dan tulus.
5. Bapak Drs. Agus Supriyanto, M.Kes selaku pembimbing lapangan yang telah banyak memberikan saran yang sangat membantu dalam melaksanakan penelitian dan penulisan laporan.
6. Bapak Munajim dan seluruh staf Balai Penelitian dan Konsultasi Industri (BPKI) ketintang Surabaya yang sudah banyak membantu dalam penelitian ini.

7. Bapak Drs. Eko Budi Minarno, M.Pd selaku dosen wali yang banyak memberi nasihat dan motivasi kepada penulis.
8. Ibu Ir. Lilik Harianie, M.P yang juga banyak memberikan masukan dan motivasi kepada penulis
9. Segenap jajaran Bapak Ibu Dosen dan Laboran Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
10. Almarhumah Ibu yang sosoknya tak pernah terganti dan bapak tercinta yang senantiasa memberikan dukungan baik secara lahir maupun batin serta menghibur dan mendoakan penulis dengan ikhlas sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan laporan skripsi ini.
11. Adik ku tercinta Dian Nurrisma dan segenap keluarga besar bani Musaji dan bani Musali.
12. Mbak Desti, mbak isti dan Segenap keluarga besar asrama putra-putri Al-ikhshan yang sudah banyak memberikan motivasi kepada penulis
13. Teman-teman Ayu, Farida, khoiri, Fuad,Berry,Wahyu,Hima dan Andi, yang sudah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi ini.
14. Semua teman-teman Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang angkatan 2012.Adik-adik angkatan 2013, 2014, 2015 dan 2016 Jurusan Biologi fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang turut memberikan bantuan, dukungan, saran dan pemikiran serta mendoakan penulis sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca, serta menambah khasanah ilmu pengetahuan terlebih bagi umat muslim sehingga kita semakin dekat dan mengenal-Nya.

Wassalamu'alaikum wr. Wb

Malang, 29 Desember 2016

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>المخلص</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	9
1.3 Tujuan .....	9
1.4 Hipotesis Penelitian .....	10
1.5 Manfaat Penelitian .....	10
1.6 Batasan Masalah.....	11
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Biogas.....	12
2.1.1 Definisi dan Kegunaan .....	12
2.1.2 Proses Produksi Biogas .....	13
2.1.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas .....	18
2.2 Limbah Cair Tepung Ikan .....	23
2.3 Cairan Rumen Sapi .....	26
2.4 Bioaktivator.....	28
2.4.1 <i>Cellulomonas</i> sp.....	29
2.4.2 <i>Bacillus subtilis</i> .....	30
2.4.3 <i>Bacillus licheniformis</i> .....	31
2.4.4 <i>Pseudomonas</i> sp.....	32
2.4.4.1 <i>Pseudomonas fluorescens</i> .....	32
2.4.4.2 <i>Pseudomonas putida</i> .....	33
2.5 Digester Tipe <i>Batch</i> .....	33
2.6 Integrasi Sains dengan Islam.....	35
2.6.1 Pengolahan Limbah .....	35
2.6.2 Manfaat Biogas .....	37

2.6.3 Hukum Biogas dari Limbah dan Kotoran Hewan dalam Islam .....	40
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Rancangan Penelitian .....	46
3.2 Variabel Penelitian .....	47
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	47
3.4 Alat dan Bahan .....	47
3.4.1 Alat .....	47
3.4.2 Bahan .....	48
3.5 Prosedur Penelitian .....	48
3.5.1 Persiapan Substrat .....	48
3.5.2 Persiapan Bioreaktor Anaerobik .....	48
3.5.3 Pembuatan Inokulum .....	49
3.5.4 Fermentasi Biogas .....	51
3.6 Pengukuran Parameter .....	52
3.6.1 Suhu .....	52
3.6.2 pH .....	52
3.6.3 Analisa Volume Biogas .....	52
3.6.4 Analisa Kadar Gas Metan (CH <sub>4</sub> ) .....	52
3.7 Skema Prosedur Kerja .....	53
3.8 Analisis Data .....	53
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Lama Fermentasi terhadap Volume Biogas .....	54
4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan lama Fermentasi Terhadap Konsentrasi Gas Metan (CH <sub>4</sub> ) .....	63
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	73
5.2 Saran .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	75
<b>LAMPIRAN</b> .....	82

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tahapan Pembentukan Metan .....	14
Gambar 2.2 Pemecahan Senyawa Kompleks Menjadi Senyawa Sederhana.....	15
Gambar 2.3 Limbah Cair Tepung Ikan.....	23
Gambar 2.4 <i>Cellulomonas</i> sp.....	29
Gambar 2.5 <i>Bacillus subtilis</i> .....	30
Gambar 2.6 <i>Bacillus licheniformis</i> .....	31
Gambar 2.7 <i>Pseudomonas fluorescens</i> .....	33
Gambar 2.8 <i>Pseudomonas putida</i> .....	33
Gambar 3.1 Bioreaktor Tipe Batch Skala Laboratorium.....	49
Gambar 3.2 Skema Penelitian .....	53
Gambar 4.1 Hasil Pengujian Volume Biogas.....	57
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Konsentrasi Gas Metan.....	64
Gambar 4.3 pH Bioreaktor Selama Proses Fermentasi.....	71

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Biogas.....	13
Tabel 2.2 Reaksi Perubahan Asam Organik Menjadi Asam Asetat.....	16
Tabel 2.3 Mikroorganisme Rumen Beserta Fungsinya.....	27
Tabel 2.4 Komposisi Isi Rumen .....	28
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian.....	46
Tabel 3.2 Variasi Komposisi pada Bioreaktor Anaerob.....	51
Tabel 4.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Lama Fermentasi Terhadap Volume Biogas .....	57
Tabel 4.2 Uji <i>Duncan</i> Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator Terhadap Volume Biogas .....	59
Tabel 4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi Terhadap Konsentrasi Gas Metan.....	63
Tabel 4.4 Analisa Uji <i>Duncan</i> Berdasarkan Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Lama Fermentasi Terhadap Konsentrasi Gas Metan.....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja.....	82
Lampiran 2. Tabel Hasil.....	84
Lampiran 3. Hasil Pengolahan Data SPSS .....	88
Lampiran 4. Gambar Penelitian.....	92
Lampiran 5. Hasil Pengujian Konsentrasi Gas Metan dari BPKI.....	96



## ABSTRAK

Rosyidah, Ainin. 2016. **Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Lama Fermentasi Terhadap Volume Biogas dan Kadar Gas Metan dari Limbah Cair Tepung Ikan**. 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, CH<sub>4</sub>, Volume Biogas

Krisis sumber daya minyak dan ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil khususnya. Indonesia merupakan dasar pengembangan energi alternatif sebagai usaha pemanfaatan energi yang efisien. Salah satu energi alternatif berbasis biomassa dan ramah lingkungan adalah biogas dengan bahan organik tinggi. Salah satu limbah yang tinggi beban organiknya adalah limbah industri perikanan khususnya industri tepung ikan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi terhadap produksi volume biogas dan kadar gas metan.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan *Greenhouse* Jurusan Biologi Fakultas SAINTEK UIN Malang pada bulan juni sampai september 2016. Penelitian ini bersifat eksperimental, terdiri dari 9 perlakuan 3 kali ulangan. Perlakuan yang digunakan berupa variasi konsentrasi dan lama fermentasi. Konsentrasi bioaktivator berupa konsentrasi bakteri *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Cellulosa sp*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas flourescens* dengan konsentrasi 0%, 10%, 20%. Lama fermentasi 10 hari, 17 hari, dan 24 hari. Digunakan reaktor tipe *batch* ukuran 1900 ml dengan substrat limbah cair tepung ikan dan rumen sebagai sumber metanogen sebesar 8% total volume. Data hasil penelitian meliputi volume biogas, kadar gas metan, pH, dan suhu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi tidak berpengaruh terhadap peningkatan volume biogas. Dimana perlakuan bioaktivator 0% lama fermentasi 10 hari menghasilkan volume tertinggi sebesar 20,56 ml. Namun, variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap konsentrasi metan yakni pada bioaktivator 20% lama fermentasi 17 hari menghasilkan kadar gas metan tertinggi sebesar 73,36%.

## ABSTRACT

Rosyidah, Ainin. 2016. **The Effect of Bioactivator Concentration and Fermentation Time against Volume of Biogas dan Gas Content from Liquid Fishmeal Waste.** Thesis, Department of Biology Faculty of Science and Technology State Islamic University (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si and Mujahidin Ahmad, M.Sc

---

Keywords: Biogas, Bioactivator, Fermentation time, CH<sub>4</sub>, Volume of biogas

The lack of oil resources and dependence on fossil fuels usage. Indonesia is the basis for the development of alternative energy as an efficient energy utilization. One of the alternative energy based on biomass and environmentally friendly is biogas with high organic matter. One of the high burden of organic waste is industrial fisheries waste especially fishmeal. The purpose of this study was to examine the effect of variation of bio-activator concentration and fermentation time toward volume production of biogas and methane gas content.

The study was conducted at the Laboratory of Microbiology and Greenhouse Department of Biology, Faculty of Science and Technology UIN Malang in June to September 2016. This study is experimental research, consisting of 9 treatments 3 repetitions. The treatment used a variation of the concentration and length of fermentation. The concentration of bio-activator form of the concentration of *Bacillus subtilis* bacteria, *Bacillus licheniformis*, *Cellulosa* sp, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas flourescens* with 0%, 10%, 20% concentration. The Fermentation period were 10 days, 17 days, and 24 days. Used a *batch* type reactor 1900 ml with liquid waste and fish meal as a source of rumen methanogens 8% total volume. The Data of research includes the volume of biogas, methane gas concentration, pH, and temperature.

The results showed that the variation of bio-activator concentration and fermentation time did not affect the increasing in the volume of biogas. Where the bio-activator treatment 0% fermentation period 10-days produced the highest volume of 20.56 ml. However, the variation of bio-activator concentrations and fermentation time significantly affect the methane concentration at 20% bio-activator, 17 days of fermentation time produced the highest methane gas levels of 73.36%.

## مستخلص- البحث

رشيدة، أينين. 2016 . تأثير اختلاف تركيزات بيوأكتيفاتور وحجم الغاز الحيوي المحمرة طويلة ومستويات غاز الميثان من النفايات السائلة مسحوق السمك . 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، قاسم التخمر،  $CH_4$ ، حجم الغاز الحيوي

أزمة موارد النفط والاعتماد على الوقود الأحفوري على وجه الخصوص. واندونيسيا هي الأساس لتطوير الطاقة البديلة باعتبارها الاستخدام الكفء للطاقة. واحدة من القائم على الكتلة الحيوية الطاقة البديلة والغاز الحيوي صديقة للبيئة مع المواد العضوية عالية. واحدة من عبء عال من النفايات العضوية والنفايات الصناعية مصائد الأسماك الصناعية، وخاصة مسحوق السمك. وكان الغرض من هذه الدراسة إلى تقييم تأثير تغير تركيز- المنشط الحيوي ووقت التخمر لإنتاج كميات من الغاز الحيوي ومستويات غاز الميثان.

وقد أجريت هذا البحث في مختبر علم الأحياء الدقيقة وقسم الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا الاحتباس الحراري جامعة مولانا مالك إبراهيم مالانج في يونيو وحتى سبتمبر 2016. هذه الدراسة هو تجريبي، وتتألف من 9 العلاجات 3 التكرار. استخدمت علاج الاختلاف من التركيز ومدة التخمر. تركيز شكل المنشط الحيوي من تركيز الرقيقة البكتيريا العسوية، *licheniformis* العسوية، س *cellulosa*، الزائفة الكريهة، الزائفة المتألقة مع تركيز 0٪، 10٪، 20٪. المدة التخمر من 10 يوما، 17 يوما، و 24 يوما. مستعملة نوع دفعة مفاعل بحجم الركيزة 1900 مل من النفايات السائلة ومسحوق السمك كمصدر من الكرش كبير مثل *methanogens* 8٪ من حجم التداول الكلي. وتشمل البيانات البحثية حجم الغاز الحيوي، وتركيز غاز الميثان، ودرجة الحموضة، ودرجة الحرارة.

وأظهرت النتائج البحث أن الاختلاف في تركيز-المنشط الحيوي ووقت التخمر لم تؤثر على الزيادة في حجم الغاز الحيوي. حيث المعاملة المنشط الحيوي 0٪ فترة التخمر لمدة 10 أيام لإنتاج أكبر كمية من 20.56 مل. ومع ذلك، فإن التفاوت في تركيزات-المنشط الحيوي والتخمر الوقت تؤثر تأثيرا كبيرا على تركيز غاز الميثان بنسبة 20٪، المنشط الحيوي وقت التخمر من 17 يوما لإنتاج مستويات غاز الميثان عالية من 73.36٪.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Masalah terbesar yang dihadapi oleh masyarakat dunia pada abad kedua puluh satu ini salah satunya adalah pemenuhan kebutuhan energi. Dimana energi merupakan kebutuhan primer yang harus dipenuhi dan tidak bisa digantikan perannya. Apalagi didorong dengan adanya peningkatan konsumsi energi oleh masyarakat. Konsumsi energi yang paling tinggi di Indonesia adalah energi bahan bakar berupa bahan bakar minyak.

Walaupun Indonesia dikenal sebagai negara yang kaya akan sumber daya minyak bumi, sebagai manusia yang berakal kita tidak boleh bersikap boros dalam penggunaannya. Karena pasti akan berdampak tidak baik bagi diri sendiri maupun orang lain. Nabi Muhammad صلى الله عليه وسلم juga melarang manusia untuk bersikap boros atau menyia-nyiaikan harta. Hal tersebut dijelaskan dalam hadits sebagai berikut :

حَدَّثَنَا عُثْمَانُ حَدَّثَنَا جَرِيرٌ عَنْ مَنْصُورٍ عَنِ الشَّعْبِيِّ عَنْ وَرَادٍ مَوْلَى الْمُغِيرَةِ بْنِ شُعْبَةَ عَنِ الْمُغِيرَةِ بْنِ شُعْبَةَ قَالَ  
قَالَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ إِنَّ اللَّهَ حَرَّمَ عَلَيْكُمْ عُثُوقَ الْأُمَّهَاتِ وَوَادَّ الْبَنَاتِ وَمَنْعَ وَهَاتٍ وَكَرِهَ لَكُمْ قِيلَ  
وَقَالَ وَكَثَّرَةَ السُّؤَالَ وَإِضَاعَةَ الْمَالِ

Artinya :

*Sesungguhnya Allah mengharamkan atas kalian durhaka kepada ibu, mengubur anak wanita hidup-hidup serta membenci kalian dari qiila wa qola (memberitakan setiap apa yg didengar), banyak bertanya & menyia-nyiaikan harta. (HR. Bukhari no. 2231).*

Tingginya konsumsi masyarakat terhadap minyak bumi yang tidak dibarengi dengan konservasi energi khususnya terhadap minyak bumi itu sendiri menimbulkan suatu permasalahan berupa semakin menipisnya cadangan minyak

bumi. Akibatnya produksi minyak bumi semakin berkurang. Biantoro (2015) menyatakan bahwa, cadangan minyak nasional saat ini tinggal 3,7 miliar barrel dari sekitar 27 miliar barel cadangan minyak yang terbukti ada. Cadangan minyak ini hanya akan bertahan sampai 10 tahun kedepan. Pernyataan diatas cukup menjelaskan bahwa cadangan minyak Indonesia semakin hari semakin menurun sedangkan kebutuhan masyarakat terhadap minyak bumi semakin meningkat.

Dari berbagai permasalahan di atas, sebagaimana manusia yang telah dikaruniai akal hendaknya tidak hanya berdiam diri tanpa suatu usaha apapun. Namun berusaha maksimal untuk mencari solusi dari tantangan berupa krisis energi minyak bumi tersebut. Sebagaimana firman Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى dalam potongan ayat dari Al-Qur'an Surat Ar-Ra'd ayat 11 :

..... إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ .....<sup>ظ</sup>

Artinya :

*.....Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.....*

Menurut, Tafsir As-Sa'diy bahwa Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى tidak akan merubah keadaan yang ada pada suatu kaum, berupa kenikmatan, ihsan, dan kehidupan yang menyenangkan sampai mereka merubah keadaan diri mereka dengan berpindah dari keimanan kepada kekafiran, dari ketaatan kepada kemaksiatan, atau dari mensyukuri nikmat Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى kepada mengkufurinya, sehingga Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى mencabut kenikmatan itu dari mereka. Demikian pula, ketika manusia merubah keadaan diri mereka dari maksiat kepada ketaatan kepada Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى, maka Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى akan merubah keadaan mereka dari kesengsaraan kepada kebaikan, kesenangan, kegembiraan, dan rahmat.

Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى tidak akan merubah keadaan berupa menipisnya cadangan minyak bumi kita. Jika kita hanya diam tanpa adanya usaha untuk keluar dari

permasalahan tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan usaha inovatif yang dapat menggantikan energi minyak bumi ini. Salah satunya dengan pengembangan energi alternatif.

Peran energi alternatif dibutuhkan dalam menyelesaikan permasalahan krisis energi. Karena energi alternatif ini bersumber dari biomassa yang ada disekitar kita dan kebanyakan orang tidak mengetahui potensi biomassa tersebut bila digunakan sebagai sumber energi alternatif. Umam (2007) menyatakan bahwa terdapat beberapa jenis energi alternatif diantaranya biodiesel, bioethanol, biogas, tenaga surya dan mikrohidro. Salah satu energi alternatif yang bisa mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil adalah biogas.

Wahyuni (2009) menyatakan, bahwa biogas mempunyai beberapa keunggulan yaitu pertama biogas tergolong kedalam energi terbarukan, kedua biogas merupakan energi yang ramah lingkungan dan ketiga bahan yang digunakan dalam pembuatan biogas banyak ditemukan disekitar kita. Produksi biogas melibatkan dua komponen penting, yaitu starter dan substrat.

Komponen pertama yakni starter, dimana starter biogas merupakan kumpulan bakteri biogas yang terdapat di dalam suatu materi secara alami, seperti kotoran sapi, cairan rumen, lumpur sawah dan sisa lumpur peternakan (Deublein *et al*, 2008). Setiap starter mempunyai kemampuan yang berbeda dalam mendegradasi substrat tergantung pada kondisi substrat tersebut yang dipengaruhi oleh faktor pH, suhu, kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD), kadar garam dan senyawa organik yang dikandungnya (Schnurer *et al*, 2010).

Seperti halnya starter biogas dari rumen sapi dan kotoran sapi, keduanya memiliki pengaruh yang berbeda terhadap produksi biogas. Pada penelitian Gamayanti *et al* (2012), didapatkan konsentrasi gas metan pada produksi biogas dengan starter rumen sapi dan kotoran sapi sebesar 53,67 % dan 46,41 %. Sedangkan nilai produksi metan pada biogas dengan starter rumen sapi dan kotoran sapi 213,59 ml dan 159,68 ml. Gamayanti *et al* (2012) juga menyatakan bahwa, penambahan limbah cairan rumen sapi memberikan dampak positif terhadap pembentukan biogas maupun kadar gas metan, sehingga penambahan limbah cairan rumen mendorong selektivitas ke arah pembentukan gas metan. Pada penelitian Agustina (2011), didapatkan volume biogas harian yang paling baik dengan substrat dari limbah tepung tapioka dan bioaktivator berupa *Saccharomyces cereviceae* pada penambahan rumen 8% dari volume total. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan starter berupa 8%(v/v) rumen sapi karena cairan rumen sapi terbukti lebih unggul dibandingkan dengan kotoran sapi.

Komponen kedua yang berpengaruh terhadap fermentasi anaerob biogas adalah substrat. Substrat ini merupakan penyedia nutrisi bakteri. Menurut Deublein *et al* (2008), pada umumnya semua biomassa dapat dijadikan substrat selama mengandung karbohidrat, protein dan lemak sebagai komponen utama. Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai substrat biogas yaitu, limbah pertanian, limbah industri, limbah rumah tangga, limbah peternakan, dan sedimen di perairan. Tidak ada yang sia-sia asalkan kita mau berusaha untuk membuat yang dianggap tidak bermanfaat menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat lagi.

Allah ﷻ telah berfirman dalam Al-Qur'an surat Ali-Imran ayat 191 :

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

Artinya : *Orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.” (QS. Ali-Imran: 191).*

Tafsir Ibnu Katsir menjelaskan Qs. Ali-Imran ayat 191 sebagai berikut :

Allah ﷻ berfirman memperingatkan kepada hamba-hamba-Nya bahwa apa yang diciptakan oleh-Nya berupa langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, planet dan bintang-bintang yang gemerlapan, lautan, gunung-gunung, hutan-hutan pohon-pohon dan tetumbuhan bermacam-macam binatang dan beraneka tambang, semua itu tanda-tanda yang nyata bagi orang-orang yang memiliki akal yang sempurna, sehat dan cerdas dan bukannya orang yang buta tuli pikirannya. mereka memikirkan ciptaan tuhan berupa langit dan bumi itu, mendalami dan merenungkan hikmah yang terkandung dalam ciptaan itu yang menandakan wujudnya Maha Pencipta yang Maha Agung dan Maha Kuasa. Mereka merenungkan itu semuanya seraya berkata, ” Ya Tuhan kami Engkau tidak menciptakan ini semua tanpa hikmah.

Limbah salah satu contoh dari sekian banyak hal yang dianggap kurang bermanfaat. Salah satunya adalah limbah industri perikanan. Ibrahim (2005) menyatakan bahwa, industri pengolahan hasil perikanan mengkonsumsi air mencapai 20m<sup>3</sup>/ton produk yang dihasilkan tergantung pada teknologi yang digunakan, jenis ikan yang diproses dan produk yang dihasilkan. Beban limbah yang tertinggi berasal dari industri pengalengan ikan dan pembuatan tepung ikan industri (*Fishmeal*).

Hal mendasar yang biasanya terdapat pada limbah cair hasil pengolahan ikan adalah kandungan protein, karbohidrat serta lipid yang tinggi. Penggunaan metode pengolahan limbah yang tepat dapat memperbaiki kualitas limbah tersebut serta dapat digunakan kembali untuk dikonversikan menjadi bentuk lain yang bermanfaat (Alfonso *et al*, 2002). Hasil analisa laboratorium untuk limbah industri tepung ikan menghasilkan limbah cair yang memiliki kandungan senyawa organik meliputi: lemak 11,31% ; protein 8,16% , karbohidrat 2,48% (BPKI, 2016).

Limbah cair tepung ikan mengandung beban organik yang tinggi sehingga jika langsung dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan dampak negatif pada lingkungan, seperti polusi udara karena baunya yang menyengat, polusi air dan sumber penyakit. Maka dari itu, dibutuhkan pengolahan limbah cair tepung ikan agar limbah cair yang dihasilkan tidak terbuang sia-sia. Salah satunya sebagai substrat dalam pembuatan biogas.

Fermentasi biogas memiliki 4 tahapan, yaitu pertama tahap hidrolisis, kedua tahap asidogenesis, ketiga tahap asetogenesis dan keempat tahap metanogenik. Deublein *et al* (2008) menyatakan bahwa, proses penguraian karbohidrat oleh bakteri hidrolitik dilakukan dalam hitungan jam, sedangkan untuk penguraian protein dan lemak dilakukan dalam hitungan hari. Untuk mempercepat proses hidrolitik dibutuhkan bioaktivator yang mampu mempercepat proses degradasi bahan organik.

Pada penelitian Agustina (2011), didapatkan biogas dari limbah tepung tapioka yang lebih tinggi pada perlakuan penambahan bioaktivator berupa ragi tape *Saccharomyces cereviceae* dibandingkan tanpa menggunakan ragi sebagai

bioaktivator. Perbandingan akumulasi produksi total biogas antara variabel penggunaan bioaktivator dan tanpa penggunaan bioaktivator adalah 3:1. Dari perbandingan ini maka dapat dianalisa bahwa penggunaan ragi (*Saccharomyces cereviceae*) sebagai bioaktivator memberikan pengaruh yang besar terhadap kuantitas biogas yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena peran ragi *Saccharomyces cereviceae* yang mampu mempercepat degradasi senyawa kompleks yaitu polisakarida menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu disakarida dan monosakarida.

Selain penambahan bioaktivator waktu fermentasi juga berpengaruh terhadap pembentukan biogas. Hal ini berkaitan dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai semua bahan organik selesai terdegradasi. Noresta *et al.* (2013), berpendapat bahwa waktu fermentasi berpengaruh terhadap komposisi biogas. Penelitian Fusvita (2015), pembuatan biogas dari campuran bahan baku kompos dan kotoran sapi dengan variasi lama fermentasi 10, 20, 30 dan 40 hari. Dimana volume biogas tertinggi pada hari ke-30 sebesar 1048,97 mL dalam 500 mL substrat. Waktu fermentasi 20 hari juga menghasilkan volume biogas yang tidak beda signifikan sebesar 1025,46 mL. Sehingga 20 hari fermentasi lebih bisa diterapkan dibanding dengan 30 hari fermentasi. Hadi (1990) juga menyatakan, bahwa biogas sudah terbentuk sekitar 10 hari setelah fermentasi yaitu sekitar 0,1-0,2 m<sup>3</sup>/kg dari berat bahan kering. Sehingga peneliti memberikan variasi lama fermentasi berupa 10, 17 dan 24 hari.

Penelitian Darisa (2014) berupa pembuatan biogas dari kotoran sapi dengan penambahan bioaktivator konsorsium bakteri hidrolitik dan lama fermentasi,

dimana variasi konsentrasinya 0% ; 5% dan 10% didapatkan rata-rata kadar metana tertinggi sebesar 70,86% pada konsentrasi konsorsium sebesar 10%. Sedangkan kadar metana tertinggi terdapat pada perlakuan lama waktu fermentasi minggu ke-4 sebesar 61,36 %.

Dalam penelitian ini, peneliti memberikan perlakuan penambahan bioaktivator konsorsium bakteri hidrolitik yang dapat mendegradasi senyawa organik berupa karbohidrat, protein dan lemak pada substrat limbah cair tepung ikan. Al- Saedi (2008) menyatakan bahwa, pada proses hidrolisa, lemak diuraikan oleh enzim lipase yang diproduksi oleh *lipolytic bacteria*. Sementara karbohidrat diuraikan oleh enzim selulase yang diproduksi oleh *Cellulolytic bacteria* dan protein diuraikan oleh enzim protease yang diproduksi *Proteolytic bacteria*, menjadi monomer yang mudah larut. Pada proses hidrolisa ini dihasilkan pula asam amino, *volatile acid*, dan gliserol.

Konsorsium bakteri yang digunakan adalah *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Cellulomonas* Sp. Dimana masing-masing bakteri memiliki perannya masing-masing. Zahidah (2013), genus *Bacillus*, menunjukkan potensi amilolitik, selulolitik dan proteolitik. Dan *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* merupakan anggota *Bacillus* sp. yang paling potensial digunakan untuk memproduksi enzim protease secara komersial. Pelczar and Chan (1986), *Cellulomonas* sp. mampu mensekresikan enzim selulase yakni suatu enzim ekstraseluler yang menghasilkan selulobiosa pada hidrolisis selulosa. *Pseudomonas*.

Parameter dalam pembuatan biogas diantaranya pH, suhu, kadar gas metan, dan volume biogas. pH diukur karena pH berpengaruh terhadap fisiologis mikroba. Andianto (2011) menyatakan bahwa, pH berdampak terhadap aktivitas biologi untuk kelangsungan metabolisme dari mikroba. pH yang dibutuhkan pada bioreaktor antara 6,8-7,8.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti memberikan perlakuan dengan variasi konsentrasi bioaktivator dengan tujuan didapatkan degradasi senyawa organik karbohidrat, protein dan lemak yang optimum dengan produksi gas metan dan volume biogas yang tinggi. Sehingga penelitian ini berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Lama Fermentasi Terhadap Volume Biogas dan Kadar Gas Metan dari Limbah Cair Tepung Ikan”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah ada pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap peningkatan volume biogas dari biogas limbah cair tepung ikan ?
2. Apakah ada pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap peningkatan kadar gas metan dari limbah cair industri tepung ikan?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap peningkatan volume biogas dari limbah cair tepung ikan.

2. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi terhadap peningkatan kadar gas metan dari limbah cair industri tepung ikan.

#### 1.4 Hipotesis

H<sub>0</sub> diterima jika tidak terdapat pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi terhadap peningkatan volume biogas dan kadar gas metan.

H<sub>0</sub> ditolak jika tidak terdapat pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi terhadap peningkatan kadar gas metan.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi solusi terkait pengolahan limbah cair industri tepung ikan terutama dalam pembuatan biogas
2. Menambah pengetahuan baru dalam pengembangan biogas khususnya dengan penambahan bioaktivator hidrolitik.
3. Bertadabbur Al-qur'an, sehingga memotivasi diri untuk lebih banyak dalam mempelajari Al-quran.
4. Sebagai dasar penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan limbah cair industri tepung ikan sebagai substrat biogas.
5. Meningkatkan kualitas nilai dari limbah cair tepung ikan.

## 1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Limbah cair tepung ikan yang dipakai adalah limbah cair tepung ikan dari Tuban
2. Bioaktivator yang digunakan adalah konsorsium bakteri *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Cellulomonas* sp, dari Laboratorium Mikrobiologi UNAIR Surabaya dengan variasi penambahan sebesar 0%, 10%, dan 20%
3. Parameter utama dalam penelitian ini meliputi kadar gas metan dan volume biogas.
4. Parameter pendukung berupa pH dan suhu.
5. Biogas dibuat dengan menggunakan reaktor sistem *batch* skala laboratorium dengan kapasitas 1900 ml.
6. Cairan rumen sapi diambil dari RPH Sukun Malang
7. Fermentasi anaerob dilaksanakan selama 24 hari. Pengukuran parameter utama diukur mulai hari ke-10 dengan interval 7 hari.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Biogas

##### 2.1.1 Definisi dan Kegunaan

Pengertian biogas adalah campuran beberapa gas yang dapat terbakar dan berasal dari bahan organik yang telah mengalami dekomposisi secara anaerobik (Abbasi *et al.*, 2012). Menurut sudut pandang kimia, biogas adalah sumber alternatif berupa campuran gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana. Semakin tinggi kandungan metana, semakin besar nilai kalor pada biogas. Sebaliknya jika kandungan metana rendah, nilai kalor pada biogas tersebut juga rendah. Sedangkan dari sudut pandang biologi, biogas adalah 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 sensitif terhadap perubahan mendadak pada kondisi fisis dan kimiawi (Gunawan, 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).

Pada literatur lain komposisi biogas secara umum ditampilkan dalam tabel berikut:

**Tabel 2.1** Komponen penyusun biogas

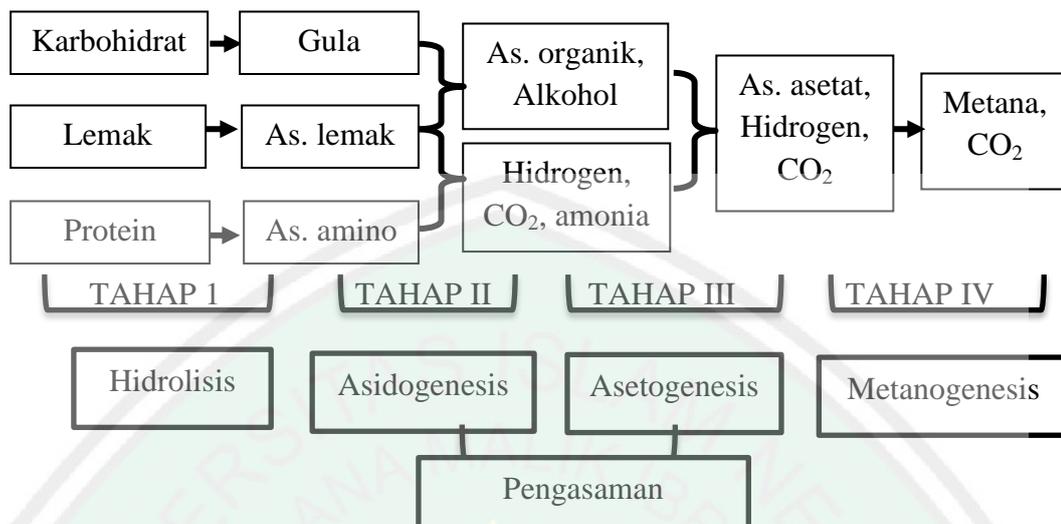
No	Nama Gas	Jumlah (%)
1	Metana	54 – 70
2	Karbondioksida	27 – 45
3	Nitrogen	3 - 5
4	Hidrogen	1 – 2
5	Karbon monoksida	0,1
6	Oksigen	0,1
7	Hidrogen Sulfida	Sedikit

Sumber: Widarto *et al.*,(1997)

### 2.1.2 Proses Produksi Biogas

Tahapan untuk terbentuknya biogas dari proses fermentasi anaerob dapat dipisahkan menjadi tiga yaitu tahap hidrolisis, tahap pengasaman dan tahap pembentukan gas metana, seperti pada gambar 2.1. 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).

Pada tahap hidrolisis, mikroorganisme yang berperan adalah enzim ekstraseluler seperti selulosa, amilase, protease dan lipase. Pada tahap pengasaman, bakteri akan menghasilkan asam yang akan berfungsi untuk mengubah senyawa pendek hasil hidrolisis menjadi asam asetat, H<sub>2</sub> dan asam. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Selain itu, bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan sedikit gas CH<sub>4</sub> (Khasristya, 2004).



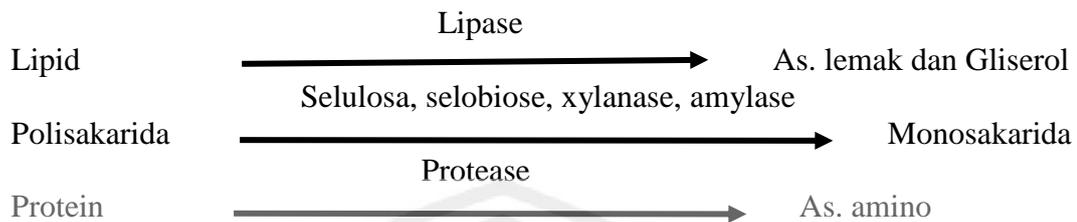
**Gambar 2.1** Tahapan pembentukan metana. Gambar dimodifikasi berdasarkan Al Saedi (2008)

Pada tahap pembentukan gas CH<sub>4</sub>, bakteri yang berperan adalah bakteri metanogenesis. Bakteri ini akan membentuk gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> dari gas H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> dan asam asetat yang dihasilkan pada tahap pengasaman (Khasristya, 2004).

### 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).

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 2.2** 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 *et al.*, 2008).

## 2. Asidogenesis

Produk hasil hidrolisis difermentasi oleh bakteri asidogenesis seperti *Cytophaga* sp. glukosa, asam amino, dan asam lemak didegradasi menjadi asam organik, alkohol, hidrogen dan ammonia (Deublein *et al.*, 2008). Romli (2010) menyatakan, bahwa 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, hidrogen, amonia, dan gas hidrogen sulfida. Tahap ini dilakukan oleh berbagai kelompok bakteri, mayoritasnya adalah bakteri obligat anaerob dan sebagian yang lain bakteri anaerob fakultatif. Contoh bakteri asidogenik (pembentuk asam) adalah *Clostridium* (Said, 2006).

## 3. Asetogenesis

Hasil metabolisme dari bakteri asidogenesis tidak dapat langsung dikonversi menjadi metana, tetapi melalui tahap asetogenesis terlebih dahulu. *Volatile fatty acid* (VFA) dan alkohol diubah oleh bakteri asetogenesis menjadi asam asetat, hidrogen, dan CO<sub>2</sub>. Salah satu contoh bakteri asetogenesis yaitu

*Acetobacter aceti*. Peningkatan jumlah hidrogen dari hasil metabolisme tahap asidogenesis yang tidak diiringi dengan peningkatan jumlah bakteri metanogen dapat menghambat pertumbuhan bakteri asetogenesis (Al Saedi, 2008). Sehingga, hasil metabolisme dari bakteri asetogenesis bergantung terhadap tekanan hidrogen di dalam substrat. Pada saat tekanan hidrogen rendah, maka hasil metabolisme dari bakteri asetogenesis terdiri dari H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dan asetat. Jika tekanan hidrogen tinggi, maka hasil metabolisme dari bakteri asetogenesis terdiri dari asam butirat, asam propionat, asam valerat, dan etanol. Namun, dari semua hasil metabolisme tersebut, bakteri metanogenesis hanya menggunakan asetat, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub> untuk produksi metana (Deublein *et al.*, 2008). Selain itu, waktu generasi bakteri asetogenesis yaitu selama 84 jam. Reaksi dari perubahan asam organik menjadi asam asetat disajikan pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Reaksi perubahan asam organik menjadi asam asetat

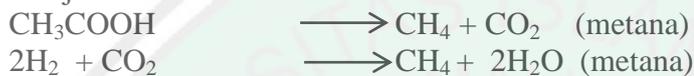
Substrat	Reaksi
Asam propionate	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$
Asam butirat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^- + 2\text{H}_2$
Asam valerat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$
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/ hidrogen	$2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^- + 2\text{H}_2\text{O}$
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 *et al.*, (2008).

#### 4. Metanogenesis

Pada tahap metanogenesis, terbentuk metana dan karbondioksida. Metana dihasilkan dari asetat atau dari reduksi karbondioksida oleh bakteri asetotropik dan hidrogenotropik dengan menggunakan hidrogen (Santoso, 2010).

Pada proses ini bakteri metana mensintesis hidrogen dan karbondioksida menjadi :



Tiga tahap pertama di atas merupakan fermentasi asam sedangkan tahap keempat merupakan fermentasi metanogenik. Metanogenesis hanya akan berkembang dengan baik pada kondisi pH netral sehingga ketidakstabilan mungkin muncul sehingga aktivitas metanogen dapat berkurang. Kondisi ini biasa disebut *souring* (pengasaman) (Lettinga, 1994). Pada metanogenesis asam asetat diuraikan oleh *metanogenic bacteria* menjadi  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Pembentukan metana sebagian besar (70%) berasal dari asam asetat, sisanya dari asam format,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{H}_2$  (Al-Saedi, 2008).

Bakteri metana yang telah berhasil diidentifikasi terdiri dari empat genus (Jenie, 1993) :

1. Bakteri bentuk batang dan tidak membentuk spora disebut *Methanobacterium*.
2. Bakteri bentuk batang dan membentuk spora adalah *Methanobacillus*.
3. Bakteri bentuk kokus yaitu *Methanococcus* atau kelompok koki yang membagi diri.
4. Bakteri bentuk sarcina pada sudut  $90^\circ$  dan tumbuh dalam kotak yang terdiri dari 8 sel yaitu *Methanosarcina*.

Pada proses metanogenesis dihasilkan metana dan CO<sub>2</sub> oleh bakteri metanogen. Sebagian besar metana merupakan hasil perubahan asetat sebesar 70% serta 30% dari hydrogen dan CO<sub>2</sub>. Pada tahap metanogenesis, terjadi fermentasi metana secara dua tipe reaksi. Pertama *Acetoclastic methanogenesis*, yaitu asetat diubah menjadi metana dan CO<sub>2</sub>. Kedua *hydrogenotrophic methanogenesis* dengan mengubah CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> menjadi metana dan air (Werner *et al.*, 1989).

### 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*. Pada umumnya digester anaerob beroperasi pada temperatur mesophil yaitu 20-45°C. Selain itu, temperatur yang tinggi akan memberikan hasil biogas yang baik (Wiratmana *et al.*, 2013). Namun, pengaturan temperatur digester relatif sulit dilaksanakan (Damanhuri, 2008). Menurut Lazuardi (2008), temperatur yang baik untuk proses pembentukan biogas berada dalam kisaran 20-40°C. Sedangkan Deublein *et al.*, (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).

## 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 (Darisa, 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). Noresta *et al.* (2013), berpendapat bahwa waktu fermentasi berpengaruh terhadap komposisi biogas, waktu optimum terbentuknya gas metana yaitu pada hari ke-15 dengan besar gas metana 33,92 mg.

## 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).

Terdapat perbedaan yang mencolok antara pH yang diperlukan oleh *acidogenic bacteria* dengan *methanogenic bacteria*. *Acidogenic bacteria* memerlukan pH berkisar 4,5 – 7 dan bekerja secara optimum pada kisaran pH 6-7. Sementara itu, *methanogenic bacteria* bekerja pada kisaran pH 6,2 – 7,8 dan bekerja optimum pada kisaran sangat sempit yaitu 6,2-7,8 dan bekerja optimum pada kisaran sangat sempit yaitu 7-7,2 (Al- Saedi, 2008).

Penurunan nilai pH yang terjadi setelah proses asidifikasi 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 CO<sub>2</sub> pada gas naik. Dengan demikian dibutuhkan pengolahan pH untuk menjamin laju produksi metana (Moertinah, 2010).

#### 4. Konsentrasi Substrat

Menurut Moertinah (2010), sel mikroorganisme mengandung C, N, P, dan S dengan perbandingan 100:10:1:1. Untuk pertumbuhan mikroorganisme unsur-unsur di atas harus ada pada sumber makanan (substrat). Konsentrasi substrat dapat mempengaruhi proses kerja mikroorganisme. Kondisi optimum akan dicapai jika jumlah mikroorganisme sebanding dengan konsentrasi substrat. Berdasarkan hasil penelitian Rahmayanti *et al.* (2013), perbandingan jumlah sampah organik dan kotoran sapi yang optimal untuk produksi biogas yaitu 1:1.

#### 5. Rasio C/N

Rasio C/N sangat penting dalam pembentukan biogas. Karbon digunakan sebagai sumber energi dan nitrogen dibutuhkan mikroorganisme sebagai sumber nutrisi untuk pembentukan sel-sel tubuhnya. Bila sampel terlalu banyak mengandung C, maka N akan habis terlebih dahulu. Hal ini akan menyebabkan proses pembentukan biogas berjalan lambat. Tetapi bila N terlalu banyak, maka C akan habis terlebih dahulu dan menyebabkan proses fermentasi terhenti. Namun, jika kadar C/N rendah maka menjadi racun bagi mikroba perombak karena nitrogen akan terakumulasi menjadi amonia (Rahmayanti *et al.*, 2013). Dari uraian

tersebut, maka kadar rasio C/N pada substrat harus seimbang sesuai dengan kebutuhan mikroba.

#### 6. Keberadaan Inhibitor

Terdapat beberapa unsur hara yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan mikroba. Unsur hara tersebut antara lain logam berat, antibiotik (basitrasin, flavomisin, lasalosisid, monesin, spiramisin), dan ion mineral. Senyawa dan ion tertentu dalam substrat dapat bersifat racun, misalnya senyawa dengan konsentrasi berlebihan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Ca}^+ > 8000 \text{ mg/L}$ ,  $\text{K}^+ > 12000 \text{ mg/L}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{NH}_4^+ > 3000 \text{ mg/L}$ , sedangkan Cu, Cr, Ni, dan Zn dalam konsentrasi rendah dapat menjadi racun bagi bakteri anaerob (Bitton, 1999). Senyawa lain yang dibutuhkan mikroba untuk tumbuh yaitu amonia. Namun, jika amonia dalam konsentrasi yang tinggi dapat menghambat proses pembentukan biogas (Andianto, 2011).

#### 7. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk homogenasi antara substrat dengan mikroba, jika pengadukan terlalu cepat, maka dapat mengganggu aktivitas mikroba. Namun, untuk substrat yang tidak teraduk dapat menghambat keluarnya biogas karena terbentuknya buih pada reaktor (Abbasi *et al.*, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa pengadukan yang cukup memiliki pengaruh dalam proses anaerobik sehingga dapat menghasilkan biogas yang lebih banyak.

#### 8. Kadar Air

Bakteri sebagai salah satu mikroorganisme yang berperan dalam produksi biogas memiliki faktor-faktor pendukung tertentu untuk bertahan hidup, salah satunya adalah kadar air (Ivonny, 2014). Kadar air yang terkandung dalam

bioreaktor juga harus tepat, jika kadar air dalam bioreaktor ini tidak tepat maka akan menyebabkan produksi biogas menurun. Hal ini disebabkan bakteri metan tidak mendapatkan suplai nutrisi yang cukup, dapat juga disebabkan karena adanya bakteri lain yang berkembang dalam bioreaktor. Jika kadar air terlalu rendah, maka akan terjadi akumulasi asam-asam asetat yang menyebabkan terjadinya hambatan pada saat fermentasi berlangsung dan akhirnya mempengaruhi produksi biogas (Rahmayanti *et al.*, 2013). Pendapat Ratnaningsih *et al.* (2009) menyatakan bahwa, kadar air untuk pembentukan biogas yaitu berkisar 91-93%.

#### 9. Kandungan *total solid* (TS)

Kandungan *total solid* (TS) berpengaruh terhadap produksi biogas di dalam bioreaktor. Komposisi *total solid* (TS) yang baik untuk produksi biogas berkisar 7-9 %. Kondisi ini dapat membuat proses digester anaerob berjalan dengan baik (Triyanto, 1992 *dalam* Ivonny, 2014).

#### 10. 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 *et al.*, 2008). Sifat tersebut menyebabkan, bakteri pembentuk asam akan bekerja pada tahap awal fermentasi disaat oksigen masih tersedia dan ketika oksigen pada bioreaktor telah habis, bakteri metana akan mulai bekerja menghasilkan metana.

## 2.2 Limbah Cair Tepung Ikan

Limbah cair tepung ikan (LCTI) merupakan limbah cair hasil samping proses pembuatan tepung ikan. Tepung ikan merupakan produk dengan nilai jual tinggi yang sering dipadukan dengan limbah pertanian (Yezza *et al*, 2006). LCTI memiliki konsentrasi padatan terlarut (SS), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan nitrogen organik tinggi yang disebabkan karena keberadaan lemak dan protein (Garrido *et al*, 1998). LCTI juga memiliki salinitas (Garrido *et al*, 1998). LCTI memiliki salinitas (Garrido *et al*1998; Huang *et al.*, 2008 ), turbiditas tinggi dan berwarna kuning kehijauan serta bau tidak sedap. Menurut Kim *et al.* (2009), LCTI memiliki karakteristik COD metode oksidatif dikromat 115.000 mg/L, total nitrogen 15.400 mg/L, BOD 68.900 mg/L,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  2.800 mg/L,  $\text{NO}_3^-\text{N}$  0 mg/L,  $\text{NO}_2\text{-N}$  mg/L, salinitas 0,6 % dan pH 6,5.

Metode yang paling sederhana dalam pembuatan tepung ikan yaitu penjemuran dibawah sinar matahari. Metode ini di beberapa wilayah masih digunakan dimana kualitas produknya lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan teknik modern.



**Gambar 2.3** Limbah Cair Tepung Ikan

Tahapan pembuatan tepung ikan diantaranya(Karunia, 2015) :

1. Pemanasan (*Cooking*)

Pemanasan bertujuan untuk menghilangkan sebagian besar air dan minyak. Air dan minyak ini juga dapat hilang pada saat dilakukan pengepresan. Jika pemanasan kurang, maka hasil pressing nantinya tidak memuaskan dan pemanasan yang terlalu berlebihan dapat menyebabkan ikan terlalu halus untuk dipress. Bahan baku ikan segar tidak dilakukan pengeringan selama tahap proses pemanasan. Pemanasan biasanya dilakukan pada suhu 95<sup>0</sup>C sampai 100<sup>0</sup>C dalam waktu 15 sampai 20 menit.

2. *Pressing*

Pada tahap ini terjadi pemindahan sebagian minyak dan air. Campuran air dan minyak yang diperoleh ditekan keluar melalui lubang dan bahan bentuk padat seperti dalam pembuatan kue sebagai hasil akhir dari pressing. Selama pressing, kadar air menurun dari 70% menjadi 50% dan minyak menurun sekitar 4 %

3. *Pressing liquor*

Pressing liquor merupakan penyaringan untuk memisahkan material kasar dan material yang padat. Material yang padat dan keras ini dilakukan pressing secara terus-menerus dan disentrifugasi untuk memindahkan minyak. Minyak yang diperoleh kadang-kadang disuling (proses yang dilakukan sebelum dimasukkan kedalam tangki penyimpanan).

Bagian cair dari proses pressing liquor dikenal dengan nama stickwater yang berisi material yang telah dihancurkan dan beratnya sekitar 9% dari total padatan. Material ini sebagian besar berupa protein dan stickwater terdiri dari sekitar 20% dari total padatan. Pada umumnya produk hasil pressing liquor jika diproses kembali dan dikeringkan maka akan terbentuk tepung.

#### 4. Pengeringan

Proses pengeringan diperlukan untuk menjaga kondisi tepung ikan. Jika tepung tidak dikeringkan dapat menyebabkan tumbuhnya jamur atau bakteri sedangkan ketika pengeringan dilakukan secara berlebihan akan mengakibatkan nilai nutrisi yang dikandungnya dapat menurun. Pada umumnya alat pengering berbentuk seperti tabung uap air dengan steam untuk mengeringkan tepung. Sebagian besar bau tidak sedap pada industri pengolahan berasal dari alat pengering.

#### 5. Penggilingan dan pengemasan

Penggilingan dilakukan untuk memecahkan gumpalan-gumpalan atau partikel dari tulang dan dilakukan pengemasan tepung ikan untuk selanjutnya dilakukan penyimpanan.

### 2.3 Cairan Rumen Sapi

Biogas merupakan sumber energi alternatif yang saat ini mulai digunakan oleh masyarakat terutama masyarakat desa yang memiliki limbah biomassa seperti limbah peternakan, limbah rumah tangga dan sebagainya. Hal ini karena biogas banyak dibuat dari limbah organik melalui proses fermentasi. Seperti halnya dalam penelitian ini yang menggunakan rumen sebagai salah satu bahan metanogen dalam pembuatan biogas. Rumen merupakan salah satu limbah peternakan yang kebanyakan orang hanya dibuang begitu saja sehingga tidak dimanfaatkan dengan baik. Padahal jika kita bisa memanfaatkan rumen dengan baik dapat menghasilkan energi alternatif seperti biogas ini. Allah berfirman dalam Al-Qur'an Surat Al-Mu'minun ayat 21 :

وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً ۖ نُسْقِيكُمْ مِمَّا فِي بُطُونِهَا وَلَكُمْ فِيهَا مَنَافِعُ كَثِيرَةٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ

Artinya :

*Dan sesungguhnya pada binatang-binatang ternak, benar-benar terdapat pelajaran yang penting bagi kamu, Kami memberi minum kamu dari air susu yang ada dalam perutnya, dan (juga) pada binatang-binatang ternak itu terdapat faedah yang banyak untuk kamu, dan sebagian darinya kamu makan, (Al-mu'minun: 21).*

Menurut Tafsir Jalalain bahwa Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى menciptakan yakni unta, sapi dan kambing (benar-benar terdapat pelajaran yang penting) bahan pelajaran yang kalian dapat mengambil manfaat besar daripadanya (Kami memberi minum kalian) dapat dibaca Nasqiikum dan Nusqiikum (dari apa yang ada di dalam perutnya) yakni air susu (dan juga pada hewan ternak itu terdapat faedah yang banyak bagi kalian) dari bulu domba, unta dan kambing serta manfaat-manfaat yang lainnya (dan sebagian daripadanya kalian makan).

Rumen merupakan salah satu tempat hidup bagi milyaran mikroorganisme yang ada di alam. Kandungan isi rumen terdiri dari cairan dengan  $10^{10}$  bakteri dan  $10^6$  protozoa per ml. Mikroorganisme rumen dapat dikelompokkan menjadi 5 kelompok besar, yaitu bakteri, protozoa, jamur, bakteriofag (virus), dan amuba. Lebih dari 200 spesies bakteri dan 20 spesies protozoa telah berhasil diidentifikasi (Czerkawski, 1986).

**Tabel 2.3** Mikroorganisme Rumen Beserta Fungsinya

Spesies	Fungsi*	Produk**
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	C, A	F, A, S
<i>Ruminococcus albus</i>	C, X	F, A, E, H, C
<i>Ruminococcus flavefaciens</i>	C, X	F, A, S, H
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	C, X, PR	F, A, L, B, E, H, C
<i>Clostridium lochheadii</i>	C, PR	F, A, B, E, H, C
<i>Streptococcus bovis</i>	A, S, SS, PR	L, A, F
<i>Ruminobacter amylophilus</i>	A, P, PR	F, A, S
<i>Prevotella ruminicola</i>	A, X, P, PR	F, A, P, S
<i>Succinimonas amylolytica</i>	A, D	A, S
<i>Selenomonas ruminantium</i>	A, SS, GU, LU, PR	A, L, P, H, C
<i>Lachnospira multiparus</i>	P, PR, A	F, A, E, L, H, C
<i>Succinivibrio dextrinosolvens</i>	P, D	F, A, L, S
<i>Methanobrevebacter ruminantium</i>	M, HU	M
<i>Methanosarkina barkeri</i>	M, HU	M, C
<i>Treponema bryantii</i>	P, SS	F, A, L, S, E
<i>Megasphaera elsdenii</i>	SS, LU	A, P, B, V, CP, H, C
<i>Lactobacillus</i> sp.	SS	L
<i>Anaerovibrio lipolytica</i>	L, GU	A, P, S
<i>Eubacterium ruminantium</i>	SS	F, A, B, C
<i>Oxalobacter formigenes</i>	O	F, C
<i>Wolinella succinogenes</i>	HU	S, C
* C: selulolitik; X: xylanolitik; A: amilolitik; D: dextrinolitik; P: pektinolitik; PR: proteolitik; L: lipolitik; M: methanogenic; GU: <i>glycerol-utilizing</i> ; LU: <i>lactate-utilizing</i> ; SS: gula terlarut; HU: <i>hydrogen utilizer</i> ; O: <i>oxalate-degrading</i> .		
**F: format; A: asetat; E: etanol; P: propionat; L: laktat; B: butirrat; S: suksinat; V: valerat; CP: kaproat; H: hidrogen; C: CO <sub>2</sub> ; M: metana		

Sumber : Islamirisya (2011)

Limbah rumen ini biasanya mengeluarkan bau yang kurang sedap dan bila tidak ditangani dengan baik akan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan yang serius. Pada dasarnya isi rumen sapi adalah bahan-bahan makanan yang tercerna yang belum sempat diserap oleh usus dan masih tercampur dengan getah lambung, enzim-enzim pencernaan, dan mikrobia rumen. Komposisi kimia atau kandungan zat-zat makanan yang terdapat dalamnya dapat dilihat pada tabel 2. 4

**Tabel 2.4** Komposisi Isi Rumen.

Isi Rumen (Mastika, 2011)		
Protein kasar	(%)	15,4
Protein sejati	(%)	-
Lemak	(%)	0,17
Bahan ekstrak tanpa Nitrogen	(%)	-
Serat kasar	(%)	4,27
Abu	(%)	5,6

#### 2.4 Bioaktivator

Bioaktivator adalah agen pengaktivasi yang berupa makhluk hidup jasad renik dan berperanan 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 bioaktivator (Agustina, 2014).

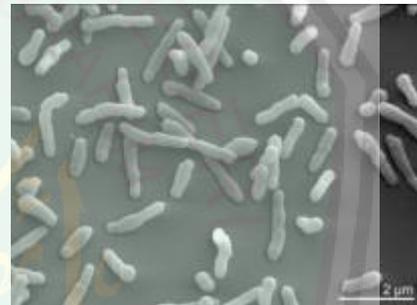
Bioaktivator berperan sebagai agen untuk mempercepat proses pengomposan, meningkatkan kandungan bahan organik dan ketersediaan nutrisi.

Bioaktivator perombak bahan organik (biodekomposer) dan mikroba (biofertilizer) yang sesuai dengan kondisi bakteri tersebut. Pemanfaatan bioaktivator 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).

#### 2.4.1 *Cellulomonas* sp.

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

Kingdom : Bacteria  
 Filum : Actinobacteria  
 Kelas : Actinobacteria  
 Ordo : Actinomycetales  
 Famili : Cellulomonadaceae  
 Genus : *Cellulomonas*  
 Spesies : *Cellulomonas* sp.



**Gambar 2.4** *Cellulomonas* sp.  
(Abt et al., 2010)

*Cellulomonas* adalah genus bakteri berbentuk batang gram-positif. Salah satu karakter yang membedakan kelompok genus ini adalah kemampuannya dalam mendegradasi selulosa, menggunakan enzim seperti endoglukanase dan exoglukanase (Glazer dan Nikaido, 2007). Spesies *Cellulomonas* adalah bakteri coryneform yang menghasilkan setidaknya enam endoglukanase dan satu exoglukanase (Chaudhary, et al. 1997). Berbagai strain *Cellulomonas* sp. telah dilaporkan menghasilkan hasil yang tinggi dari selulase pada substrat selulosa dan hasil yang rendah pada xilan, galactomannan, pati dan gula (Poulsen, et al. 1988).

### 2.4.2 *Bacillus subtilis*

Menurut Garrity *et al.* (2004), *Bacillus subtilis* diklasifikasikan sebagai

berikut :

Kingdom : Bacteria  
 Filum : Firmicutes  
 Kelas : Bacilli  
 Ordo : Bacillales  
 Famili : Bacillaceae  
 Genus : *Bacillus*  
 Spesies : *Bacillus subtilis*



**Gambar 2.5** *Bacillus subtilis*  
 (Mangaiyarkasi *et al.*, 2011)

*Bacillus subtilis* merupakan bakteri gram positif dan motilitas positif. Bakteri ini membentuk endospora bulat atau silinder dan sangat resisten terhadap kondisi yang merugikan (Holt *et al.*, 2004). Saat sporulasi, spora ditebarkan ke udara, struktur spora tidak akan terjadi jika sel sedang berada pada fase pembelahan secara eksponensial, tetapi akan dibentuk terutama pada kondisi nutrisi terbatas misalnya jumlah karbon dan nitrogen sedikit (Madigan *et al.*, 2003). Bakteri ini bersifat aerob atau anaerob fakultatif, katalase positif dan dapat ditemukan pada berbagai jenis habitat. *Bacillus subtilis* menghasilkan berbagai jenis enzim seperti alfa-amilase, beta-glukanase, glutaminase, maltogenik amylase, protease, pullulanase dan xilanase (Pariza *et al.*, 2001).

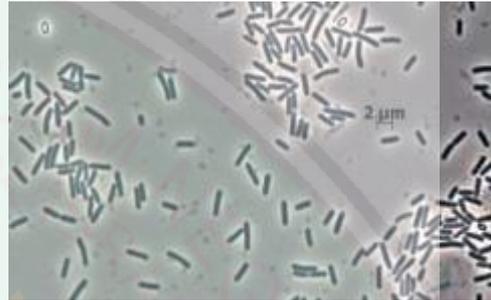
*Bacillus subtilis* memiliki kemampuan yakni menghasilkan enzim protease. Protease merupakan enzim proteolitik yang mampu mengkatalis

pemutusan ikatan peptide pada protein. Mikroba jenis *Bacillus* tidak menghasilkan toksin, dan mudah ditumbuhkan (Mariastuti, 2015).

#### 2.4.3 *Bacillus licheniformis*

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

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Firmicutes
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Famili	: Bacillaceae
Genus	: <i>Bacillus</i>
Spesies	: <i>Bacillus licheniformis</i>



**Gambar 2.6** *Bacillus licheniformis*.  
(Swaathy *et al.*, 2014)

*Bacillus licheniformis* 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 ditebarkan ke udara, tahan terhadap panas, perubahan pH dan salinitas. Selain itu, bakteri ini bersifat katalase positif (Holt *et al.*, 2004). Bakteri ini mampu tumbuh diberbagai jenis substrat, menghasilkan enzim hidrolitik, menggunakan asetat dan 2,3 butanodiol sebagai sumber karbon (Pinto, 2012). Bakteri ini mampu menghasilkan enzim ekstraselluler seperti  $\alpha$ -amilase, glcoamilase, protease, pectinase dan selulase tumbuh pada kisaran suhu 30<sup>0</sup>C sampai 55<sup>0</sup> C dan pada pH 3-11 (Ghani *et al.*, 2013).

#### 2.4.4 Genus *Pseudomonas*

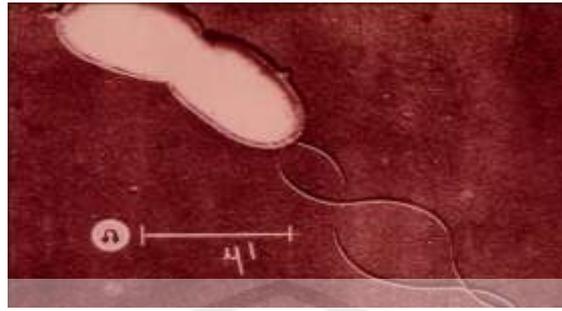
Genus *Pseudomonas* memiliki bentuk sel batang tegak atau sedikit melengkung, ukuran sel 0.5-1.0 x 1.5-5.0 $\mu$ m. Gram negative, motil berflagella, aerob. Dapat menggunakan nitrat sebagai penerima electron menggantikan oksigen namun lebih menggunakan oksigen sebagai penerima electron utama. Katalase positif bakteri ini terdistribusi luas di alam dan bersama dengan *Bacillus* sebagai *promoting growth factors* yang juga memiliki enzim lipase dan protease (Garrity, 2009).

Klasifikasi *Pseudomonas* (Bergey's, 1994) :

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Class	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales
Family	: Pseudomonadaceae
Genus	: <i>Pseudomonas</i>
Species	: <i>Pseudomonas</i> sp

##### 2.4.4.1 *Pseudomonas fluorescens*

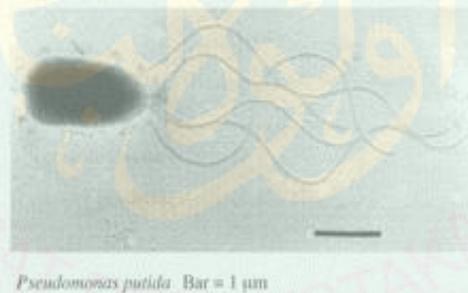
*Pseudomonas fluorescens* memiliki flagel berupa multipolar, tumbuh optimum pada suhu 25-30<sup>0</sup>C dan dapat menggunakan nitrit sebagai penerima elektron menggantikan oksigen. Bakteri ini ditemukan pada tanah dan air atau makanan yang telah rusak seperti telur, daging, ikan dan susu serta sebagai biokontrol pathogen dalam tanah(Garrity, 2009).



**Gambar 2.7** *Pseudomonas fluorescens* sp  
(Pelczar., 1986)

#### 2.4.4.2 *Pseudomonas putida*

*Pseudomonas putida* 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).



**Gambar 2.8** *Pseudomonas putida*  
(Pelczar., 1986)

### 2.5 Digester Tipe *Batch*

Digester tipe *batch* mempunyai ciri khas yaitu penempatan bahan organik pada tangki tertutup dan diproses secara anaerob. Pada tipe ini tidak ada penambahan atau pengambilan hasil produksi (Andianto, 2011) Substrat dan starter diisikan hingga batas penuh tertentu hanya sekali di dalam sistem digester *batch*. Semua proses degradasi yang berurutan pada biogas terjadi dalam satu

digester yang terjadi pada tipe substrat kering, yaitu pada kadar TS 30-40%. Lumpur, yang terkumpul di bagian bawah digester, harus terus disirkulasi kembali. Terdapat tiga jenis proses batch (Monnet, 2003):

1. Sistem satu tahap (*single-stage system*)
2. Sistem berurutan (*sequential system*)
3. Digester *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)

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 (Schnürer *et al.*, 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). Produksi gas kemudian mulai menurun perlahan-lahan yang berdampak negatif

pada motor gas dan mulai berjalan pada kondisi tidak optimal. Pada akhir proses fermentasi, fermentor dikosongkan ke dalam tangki penyimpanan, dan hanya sejumlah kecil yang dibiarkan tetap di dalam digester sebagai inokulan untuk penambahan substrat berikutnya. Substrat segar dicampur dengan inokulan fermentasi yang tersisa untuk terus memanfaatkan mikroorganisme (Deublein *et al.*, 2008).

## 2.6 Integrasi Sains dengan Islam

### 2.6.1 Pengolahan Limbah

Sejalan dengan perkembangan industri, banyak limbah hasil akhir dari kegiatan produksi industri yang sudah tidak bisa digunakan dibuang begitu saja. Sehingga bila tidak diolah dan dimanfaatkan dengan sebaik mungkin akan mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Rasulullah ﷺ juga menegaskan bahwa hal-hal yang mengakibatkan pencemaran dan mengganggu kelestarian alam dapat mendatangkan laknat berikut haditsnya:

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).*

Hadits diatas jelas melarang kita untuk berbuat seenaknya terhadap alam tanpa memikirkan kelestariannya. Membuang limbah buangan hasil produksi industri salah satunya, hal tersebut dapat mencemari air, tanah udara dan sebagainya. Hal

ini dapat mengganggu kenyamanan hidup masyarakat sekitar bahkan dapat menimbulkan berbagai macam penyakit. Sehingga menjaga kelestarian alam itu sangat penting untuk dilakukan. Yusuf al- Qardhawi dalam bukunya Islam Agama Ramah Lingkungan membahas tentang konsep pelestarian lingkungan dalam agama islam dan bahaya yang mengancam lingkungan, seperti : pencemaran udara, air, lautan dan daratan. Dalam penelitian yang dilakukan dihasilkan bahwasanya pelestarian lingkungan hidup itu hukumnya sama dengan *maqasid 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 (Qardhawi, 2001).

Oleh karena itu dibutuhkan usaha untuk mengolah limbah industri menjadi hal yang lebih bermanfaat lagi agar tidak dibuang begitu saja. Usaha untuk mengolah limbah atau sesuatu hal yang dianggap tidak bisa diolah merupakan usaha dalam menjaga kelestarian lingkungan sekitar. Hal ini bernilai pahala bagi yang menjalankannya. Sesuai Hadits Rasulullah Muhammad ﷺ sebagai berikut :

عَنْ جَابِرِ بْنِ عَبْدِ اللَّهِ، قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: " مَنْ أَحْيَا أَرْضًا مَيْتَةً، فَلَهُ فِيهَا أَجْرٌ، وَمَا أَكَلَتِ الْعَافِيَةُ 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).*

Begitu juga dijelaskan oleh hadits di bawah ini, barang siapa yang menyingkirkan gangguan seperti kotoran atau sesuatu hal yang mengganggu kehidupan masyarakat sekitarnya dinilai sebagai satu kebaikan. Hadits tersebut sebagai berikut :

عَنْ مَعْقَلِ بْنِ يَسَارٍ قَالَ : سَمِعْتُ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَقُولُ : «مَنْ أَمَاطَ أَدَى عَنِ 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).

### 2.6.2 Manfaat Biogas

Kebutuhan manusia sebagai makhluk hidup terdiri berbagai macam aspek yang keseluruhannya harus terpenuhi. Salah satunya adalah kebutuhan jasmani seperti makan, minum, mandi dan sebagainya. Rasulullah ﷺ bersabda :

حَدَّثَنَا وَكِيعٌ حَدَّثَنَا نُورُ 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 وَالْكَأِ وَالنَّارِ

Artinya :

“Waki telah menyampaikan hadits pada kami. Tsauro al-Syami menyampaikan hadits pada kami dari Hariz bin Utsman dari Abi Khirasy dari seorang shahabat yang menyatakan bahwa Rasul SAW bersabda: Kaum muslimin bersyerikan dalam tiga perkara yaitu air, rumput liar dan energi api.”. (Hr. Ahmad).

Hadits di atas menunjukkan bahwa dalam kehidupan sehari-hari manusia tidak bisa terlepas dari tiga hal yaitu air, tumbuhan dan api serta unsur-unsur

pendukungnya seperti minyak dan gas yang sifatnya dapat terbakar yang dibutuhkan sebagai unsur penunjang kehidupan manusia. Namun aktivitas sehari-hari manusia juga menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Sehingga diperlukan upaya untuk mengurangi dan mengolah limbah-limbah tersebut agar kelestarian lingkungan tetap terjaga dengan baik. Salah satunya adalah dengan mengolah limbah cair tepung ikan sebagai bahan dalam pembuatan biogas. Allah berfirman dalam al-Qur'an Surat Yasin ayat 80 sebagai berikut :

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنتُم مِّنْهُ تُوقِدُونَ

Artinya:

*yaitu Allah yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu (Yasin: 80).*

Ibnu Katsir menjelaskan ayat di atas 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 indah, berbuah dan berbunga, kemudian Dia mengulangnya hingga menjadi kayu-kayu yang kering untuk menyalakan api. Seperti itu pula Dia melakukan apa saja yang dikehendaki-Nya dan Mahakuasa atas apa saja yang dikehendaki-Nya tidak ada satu pun yang mampu mencegah-Nya Qatadah berkata, ”Rabb yang menjadikan api ini dari pohon tersebut tentu mahakuasa untuk membangkitkannya”.

Abdullah bin Muhammad (2007) menyatakan bahwa, Allah *سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى*.

Berkuasa atas apapun yang dikehendaki-Nya, termasuk menciptakan api dari pohon, yang apabila kita pikirkan sepertinya tidak mungkin. Namun apabila dikaji dengan pemikiran yang lebih luas makna kata menciptakan api dari pohon dalam biologi dengan ditunjang fakta-fakta ilmiah, akan diketahui bahwa api dapat tercipta dari unsur-unsur tumbuhan dan dapat pula dari limbah darinya baik yang kering maupun yang basah yang dikenal dengan biomassa. Yonathan (2013) menyatakan bahwa biomassa merupakan bahan alternatif yang memungkinkan

untuk diolah menjadi sumber energi alternatif yang jumlahnya banyak dan bisa ditemukan di lingkungan sekitar serta ramah lingkungan, seperti tumbuhan, sampah organik, limbah organik dan kotoran hewan yang pada akhirnya bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi pengganti minyak, gas, listrik, batu bara dan kayu bakar.

Coniwanti dkk. (2009), menyebutkan manfaat dan keunggulan dari biogas antara lain :

1. Sebagai energi pengganti bahan bakar fosil sehingga akan menurunkan gas rumah kaca di atmosfer dan emisi lainnya.
2. Penggunaan biogas sebagai bahan bakar dapat mengurangi konsentrasi gas metana di udara, karena gas metana yang menjadi komposisi utama biogas merupakan salah satu gas rumah kaca yang keberadaannya di atmosfer menyebabkan meningkatnya temperature global
3. Pembuatan biogas dengan metode digesti anaerobik, biogas dapat meminimalkan efek negatif sekaligus meningkatkan nilai manfaat dari limbah, yang merupakan material tidak bermanfaat dan dapat mengandung racun.
4. Fermentasi anaerobik biogas menghasilkan produk samping seperti *sludge*. Material ini berupa padat dan cair, masing-masing dapat digunakan sebagai pupuk berupa pupuk padat dan pupuk cair.

### 2.6.3 Hukum biogas dari limbah dan kotoran hewan dalam islam

Hal yang menjadi kontroversi dalam kajian Islam adalah penggunaan biogas dari kotoran, seperti kotoran sapi, rumen sapi dan kotoran hewan lainnya. Tausikal (2015) menyatakan bahwa, dihukumi *najis* dalam Islam, khususnya dalam banyak pendapat dari *madzhab* Syafi'i dan *madzhab* Hanafi, sehingga perlu dikaji pemanfaatannya.

Menurut Yasin (2014), memanfaatkan kotoran hewan atau manusia untuk hal-hal yang bermanfaat hukumnya boleh (mubah). Sama seperti memanfaatkan kotoran hewan atau manusia untuk kesuburan tanah (dibuat pupuk kandang, kompos dan pupuk cair). Dalam konsep fiqh madzhab Syafi'i, ketika kotoran tersebut dikonversi dalam bentuk gas (untuk memasak di kompor gas), maka gasnya juga dihukumi najis, karena gas tersebut hakikatnya tetap mengandung materi najis ('ainun najasah). Namun, ketika gas tersebut sudah dibakar, maka api dan asapnya dihukumi najis yang ma'fuwwun 'anhu (dimaahkan/ditolerir). Sama seperti gas yang keluar dari perut manusia; terkadang ia keluar dan membasahi pakaian sehingga pakaiannya dihukumi najis; terkadang tidak membasahi pakaian sehingga di ma'fu. artinya, jika biogas "disentuh" secara sengaja, lalu tangan menjadi basah karenanya, maka tangan tersebut dihukumi najis atau mutanajjis. Tetapi jika gasnya dibakar dan digunakan untuk memasak, maka api dan asapnya di-ma'fu, meskipun mengandung materi najis. Sedangkan menurut madzhab Maliki dan Hambali, hewan yang dagingnya halal dimakan (seperti ayam, kambing, sapi) kotorannya tidak dihukumi najis. Maka ketika kotoran tersebut dikonversi dalam bentuk biogas, hukumnya juga tidak najis.

Hukum biogas yakni menurut berbagai sumber sebagai berikut (Fatwa Selangor, 1989) :

“Jawatankuasa Perunding Hukum Syara’ (Fatwa) telah membincangkan perkara di atas dengan penuh teliti perkara tersebut dalam kita Asap najis iaitu yang bercerai dari najis dan menegahi api iaitu najis dan setengah daripadanya iaitu bahwa (wap) yang suci dihantar di atas api yang dinyala dari najis itupun najis juga, karena hancur takkala terkena api yang najis ia akan keluar asap, wap yang keluar dan yang naik dengan ketiadaan menengahi api, maka ia suci. Dan kata syekh ramli bermula wap yang keluar dari jamban itu suci demikian lagi angin yang keluar dari dubur hukumnya seperti sendawa. Keputusannya adalah seperti berikut : berdasarkan Hujjah-hujjah yang tersebut diatas, maka Jawatankuasa memutuskan bahwa biogas yang diproses daripada najis tahi lembu adalah suci dan harus digunakan”.

Maksud dari fatwa di atas adalah bahwa uap yang dihasilkan dari biogas yang berasal dari kotoran sapi (rumen) hukumnya adalah suci dan harus digunakan. Masyarakat tidak perlu ragu lagi akan kehalalan biogas ini.

Setidaknya ada dua bahasan utama dalam pemanfaatan kotoran hewan (Mochtar, 2013):

*Pertama, at-tanawul* atau mengonsumsi yang meliputi makan, minum dan melumuri(taddamukh). Untuk hal ini, penggunaan kotoran hewan sebagai konsumsi dihukumi haram kecuali dalam keadaan darurat atau yang mendekati darurat. Dalil yang bisa digunakan oleh Fuqoha’ adalah hadits yang diriwayatkan oleh imam bukhari,” (Nabi memerintahkan) mereka untuk meminum dari kencing onta dan susu onta”(HR. Bukhari). Anjuran Nabi tersebut dalam konteks pengobatan karena pada saat itu para sahabat sedang sakit perut.

*Kedua, al-intifa'* atau pemanfaatan kotoran hewan. Untuk hal ini ada enam model pemanfaatan kotoran hewan yang banyak disinggung dalam kitab-kitab fiqh (Mochtar,2013):

1. Kotoran hewan digunakan sebagai pupuk tanaman atau yang biasa disebut dengan pupuk kandang. Pupuk kandang biasanya dibuat dari kotoran ayam, sapi, dan kambing. Dalam hal ini hukumnya adalah boleh.
2. Digunakan untuk menyamak kulit hewan, baik yang sudah menjadi bangkai atau tidak, selain kulit anjing dan babi. Penggunaan semacam ini hukumnya juga diperbolehkan karena proses penyamakan kulit termasuk peralihan rupa (Ihaalah) bukan penghilangan najis (Izaalah) sehingga setelah proses penyamakan, kulit dalam keadaan mutn najis (terkena najis) yang masih harus disucikan.
3. Kotoran hewan digunakan sebagai campuran batu bata atau grabah, seperti gentong dan kendi. Dalam hal ini, ulama berbeda pendapat menanggapinya, terkait dengan kesucian grabah dan air yang ada didalamnya. Menurut imam al-Qulyubi batu bata atau grabah tersebut dihukumi sehingga diperbolehkan untuk diperjual belikan dan dijadikan bahan bangunan. Termasuk juga air yang ada didalamnya dihukumi suci. Berkaitan dengan ini, dasar pemikiran al-Qulyubi adalah sebuah kaidah umum bahwa kesulitan dapat menarik pada kemudahan (al-masyaqqah tajlibut-taisir). Pendapat al -Qulyubi ini diikuti oleh imam az-ziyadi.

4. Kotoran hewan sebagai bahan bakar, seperti memanggang roti dan sate atau memasak dengan kualiti, makanan dari hasil pembakaran ini dihukumi suci dan boleh memakannya. Hanya saja, ada perbedaan mengenai najis yang melekat pada makanan. Pendapat yang kuat, tidak wajib membuangnya karena dihukumi *ma'fu*. Lantas bagaimana dengan hokum asap yang muncul dari najis. Memang asap (*Dukhan*) hasil pembakaran benda najis adalah najis dan bisa menajiskan jika mengenai pada pakaian yang basah. Akan tetapi, jika menurut pandangan umum masyarakat dianggap sedikit maka hukumnya *ma'fu*.
5. Kotoran hewan yang dijadikan sebagai makana ternak; seperti ayam dan lele, hukumnya juga boleh dan hewan pemakannya dihukumi suci dan halal dimakan, walaupun makruh. Dalam hal ini, tidak bisa dibenturkan dengan kaidah Aghlabiyah berupa, "Idza Ijtama'a al-Halal wa al-Haram Ghulliba al-Haram" yang artinya, jika halal dan haram bertemu maka haram dimenangkan. Sebab, kasus hewan pemakan benda najis ini termasuk pengecualian dari kaidah tersebut.
6. Kotoran hewan digunakan sebagai bahan bakar melalui uap yang ditimbulkan atau dalam bahasa modern disebut biogas. Biogas atau uap tersebut biasanya dihasilkan melalui penimbunan kotoran hewan dalam *septic tank*. Gas yang dihasilkan ke kompor gas dan bisa dijadikan untuk memasak dan memanggang.

Dalam bahasa fikih, uap tersebut disebut *Bukhar*. *Bukhar* berbeda dengan *dukhan* yang timbul akibat pembakaran. Dalam segi hukum fikih, keduanya berbeda: *bukhar* hukumnya suci, sedangkan *Dukhan* hukumnya najis. Dari itu pemanfaatan *bukhar* (biogas) sama dengan benda suci yang lain sehingga jika dibuat memasak makanannya dihukum suci dan boleh memakannya (Mochtar, 2013).

Biogas memang bahan dasarnya diambil dari semua jenis kotoran, mulai dari kotoran hewan atau bahkan kotoran manusia. Hukum yang berlaku untuk kotoran seluruhnya adalah najis dan tidak boleh digunakan untuk main-main, ini berbeda dengan uap atau asap yang timbul darinya, karena dalam terminology fikih ada perincian tersendiri (Chudlory, 2015). Uap dari kotoran atau dalam bahas Arab dikatakan *Bukhar*, dalam hukum fiqih dikategorikan barang yang suci karena dihukumi bukan termasuk bagian darinya. Sedangkan asap atau *dukhan* dalam bahasa arab, kalau masih sedikit bisa ditoleransi (*Najis Ma'fu*, najis yang dimaafkan) asalkan tidak menyebabkan basah dan bukan sebuah kesengajaan untuk menggunakannya (Chudlory, 2015).

Kesimpulannya, melihat dari proses dalam pembuatan biogas, semata-mata bukan merupakan asap dari hasil kotoran yang dibakar, tapi merupakan uap kotoran yang ditampung dalam sebuah tempat yang rapat dan didiamkan untuk beberapa waktu, dari itu tidak ada keraguan sama sekali untuk menggunakannya sebagai energy alternative pengganti elpiji. sehingga makanan yang dimasak dengan biogas yang berasal dari kotoran binatang tidak menyebabkan hasil masakannya menjadi najis. Makanan tersebut tetap layak dikonsumsi sebagaimana

umumnya, kecuali bila masakan tersebut mengandung unsur najis dari bahan baku yang dimasaknya, seperti masakan daging babi dan anjing(Chudlory, 2015).



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian Pengaruh Variasi Penambahan Bioaktivator Konsorsium Bakteri Hidrolitik Terhadap peningkatan kadar gas metan, dan Volume Biogas dari Limbah Cair Industri Perikanan ini bersifat eksperimental. Penelitian ini terdiri dari 9 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Perlakuan yang digunakan adalah konsentrasi bioaktivator 0% (tanpa perlakuan), 10 %, 20 % konsorsium. Dengan variasi lama fermentasi 10, 17 dan 24 hari. Adapun rancangan penelitian ini adalah sebagai berikut.

**Tabel 3.1** Rancangan penelitian

Konsentrasi konsorsium bakteri hidrolitik (%)	Ulangan	Lama Waktu Fermentasi		
		W1	W2	W3
K1	I	K1W1	K1W2	K1W3
	II	K1W1	K1W2	K1W3
	III	K1W1	K1W2	K1W3
K2	I	K2W1	K2W2	K2W3
	II	K2W1	K2W2	K2W3
	III	K2W1	K2W2	K2W3
K3	I	K3W1	K3W2	K3W3
	II	K3W1	K3W2	K3W3
	III	K3W1	K3W2	K3W3

Keterangan :

K : Konsentrasi Konsorsium bakteri hidrolitik

K1 : Konsentrasi 0%

K2 : Konsentrasi 10%

K3 : Konsentrasi 20%

I : Pengulangan 1

II : Pengulangan 2

III : Pengulangan 3

W :LamaFermentasi

W1 : 10 hari

W2 : 17 hari

W3 : 24 hari

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 variabel yang meliputi : 1) variabel bebas, 2) variabel terikat, 3) variabel terkendali. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah bioaktivator yang dibuat dalam 3 konsentrasi, yaitu : 0% (w/v), 10% (w/v), dan 20 % (w/v) dan lama fermentasi 10, 17 dan 24 hari; variabel terikat yang digunakan adalah konsentrasi gas metan (CH<sub>4</sub>), volume biogas, pH dan suhu. Variabel terkendali adalah substrat limbah cair industri tepung ikan, pemberian rumen 8 % (v/v), suhu ruang , pH awal pH alami dari limbah cair industri tepung ikan dan reaktor yang digunakan adalah reaktor *batch* ukuran 1900 ml yang diisi dengan komponen biogas keseluruhan sebanyak 1500 ml.

### 3.3 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Agustus 2016 di Laboratorium Mikrobiologi dan Green House Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang serta di BPKI Ketintang Surabaya Jawa Timur.

### 3.4 Alat dan Bahan

#### 3.4.1 Alat

Alat yang digunakan meliputi solder, lem tembak, gunting, pisau, toples, kran kompressor ukuran 1/4, tutup botol vial, selang, gelas ukur 100 ml, *beaker glass* 500 ml , penyangga (statif), dan termometer 100 cc, *autoclave*, *Hot plate*, tabung reaksi, jarum ose, cawan petri, botol kultur 1 L, *shaker*, spektrofotometri, inkubator, *colony counter*, erlenmeyer 1 L, bak ukuran sedang, gelas takar, gelas

ukur 100 ml pH digital, gelas ukur, cawan petri, gelas beaker, corong buchner, bunsen, spatula, neraca analitik, dan *cuvet*

### 3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan meliputi : lem tembak, lem alteco, lem rajawali,, selotip kran, medium NA(*Nutrient Agar*), NB (*Nutrient Broth*), aquades, *alumunium foil*, glukosa 1 %, Isolat murni bakteri dan molasses 3% rumen sapi, limbah cair industri tepung ikan, dan konsorsium bakteri, Aquades, spirtus, alkohol 70%, isolate murni *Cellulomonas sp*, *Bacillus subtilis*, dan *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas putida* dan *Pseudomonas fluorescens*.

## 3.5 Prosedur Penelitian

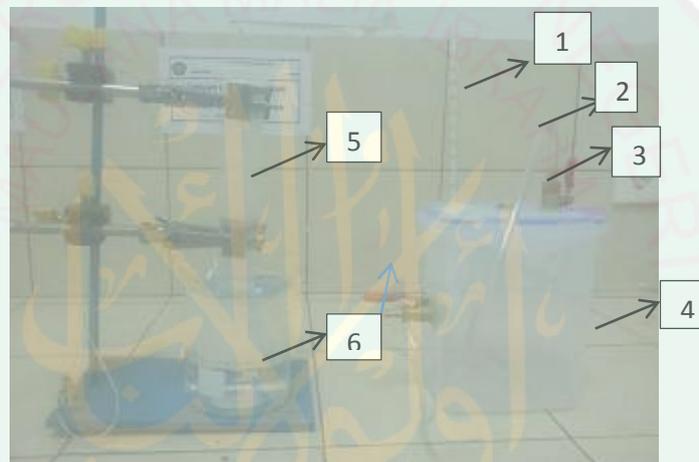
### 3.5.1 Persiapan Substrat

Substrat berupa limbah cair tepung ikan yang didapat dari Muncar Banyuwangi. Kondisi limbah cair dalam keadaan hitam pekat. Sebelum dilakukan penyampuran limbah dengan bioaktivator, bagian atas limbah yang membentuk lapisan (menggumpal) harus dibuang terlebih dahulu karena lapisan tersebut berupa kumpulan lemak jenuh yang apabila tidak diambil, ditakutkan akan menggumpal dalam reaktor sehingga menghalangi naiknya gas ke atas permukaan.

### 3.5.2 Persiapan Bioreaktor

Jumlah bioreaktor yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 27 reaktor. Rangkaian bioreaktor bervolume 1900 ml terdiri dari wadah plastik dengan penutup kedap udara. Bagian atas reaktor disertai dengan kran untuk membuka aliran gas agar mengalir ke gelas ukur. Untuk menghubungkan gelas ukur penampungan dengan kran, digunakan selang plastik. Antara selang plastik dan

kran direkatkan dengan *flip* dan direkatkan kembali menggunakan *cling wrap* untuk mencegah adanya kebocoran gas. Pengambilan sampel untuk pengujian parameter melalui kran yang berada dibagian bawah reaktor. Pengukuran suhu dapat diketahui melalui thermometer yang berada didalam reaktor, sedangkan volume gas yang dihasilkan diketahui melalui gelas ukur yang diletakkan secara terbalik. Bentuk bioreaktor disajikan pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Bioreaktor tipe *batch* skala laboratorium

Keterangan : 1. Termometer; 2. Selang; 3. Kran (keluar masuknya udara); 4. Bioreaktor; 5. Gelas ukur; 6. Gelas beaker (penampung air)

### 3.5.3 Pembuatan Inokulum

Melarutkan media NA sebanyak 2 g ke dalam 100 ml aquades pada Erlenmeyer. Selanjutnya dipanaskan di atas kompor listrik dan dilakukan pengadukan sampai semua bahan terlarut sempurna. Memasukkan media NA ke dalam tabung reaksi sebanyak 6 ml, ditutup rapat dengan kapas dan dilapisi dengan aluminium foil. Kemudian dilakukan sterilisasi menggunakan *autoclave* dengan suhu  $121^{\circ}\text{C}$ , tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah proses sterilisasi media NA didinginkan dalam keadaan miring dan ditunggu hingga memadat.

Bakteri hidrolitik yang digunakan yakni *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Cellulomonas* sp. Masing-masing bakteri hidrolitik diambil 1 ose isolat bakteri hidrolitik dari kultur murni kemudian diinokulasikan pada media NA miring steril dengan metode *streak* secara aseptis pada tabung reaksi. Inkubasi selama 24 jam pada suhu ruang.

Menyiapkan media *Nutrient broth* (NB) sebanyak 100 ml pada Erlenmeyer 100 ml setiap satu bakteri perlakuan. Kemudian diinokulasikan bakteri pada media cair tersebut dan diinkubasi selama 24 jam. Nilai *Optical Density* (OD) dari masing-masing isolat diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 550 nm.

Menyiapkan media NB steril sebanyak 300 ml pada Erlenmeyer 500 ml untuk masing-masing bakteri perlakuan kemudian diinokulasi bakteri pada media tersebut dan diinkubasi pada incubator selama 24 jam. Kemudian dilihat nilai OD (*Optical Density*) dengan spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm.

Menyiapkan media NB steril sebanyak 1100 ml pada jirigen ukuran 2000 ml setiap bakteri perlakuan, kemudian diinokulasikan dan diinkubasi pada suhu ruang selama kurang lebih 48 jam dan diukur OD nya dengan spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm. Setelah OD dari masing masing bakteri mencapai 0.5 inokulum masing masing bakteri dicampurkan secara aseptik dalam jirigen ukuran 10 liter. Kemudian dilihat nilai OD nya dengan panjang gelombang 550 nm.

Kebutuhan total volume konsorsium seluruh variasi konsentrasi bakteri untuk satu kali pengulangan sebanyak 5400 ml, agar tidak terjadi kekurangan volume konsorsium maka ditambah menjadi 5500 ml. Sehingga total konsorsium yang dibuat adalah 5500 ml.

#### 3.5.4 Fermentasi biogas

Volume total biogas masing-masing berupa starter, substrat dan konsorsium. Bakteri. Untuk perlakuan 0% (blanko) komponen masukan berupa limbah cair tepung ikan 1380 ml dan cairan rumen sapi 120 ml. untuk perlakuan 10% komponen masukan berupa 150 ml konsorsium, 1230 ml limbah cair tepung ikan dan 120 ml rumen. Sedangkan untuk perlakuan 20% komponen masukan berupa konsorsium bakteri 300 ml, limbah cair tepung ikan 1080 ml dan rumen sebesar 120 ml. Masing-masing perlakuan dimasukkan komponen masukan berupa rumen (starter), limbah cair tepung ikan (substrat), dan konsorsium bakteri kemudian diaduk hingga merata dan dikondisikan secara anaerob.

**Tabel 3.2** Variasi komposisi pada bioreaktor anaerob

Konsentrasi Konsorsium	Volume Konsorsium	Volume Limbah Cair Tepung Ikan	Rumen (8%)	Volume Total
0%	0 ml	1380 ml	120 ml	1500 ml
10%	150 ml	1230 ml	120 ml	1500 ml
20%	300 ml	1080 ml	120 ml	1500 ml

Keterangan :

1. Masing-masing reaktor diisi dengan kapasitas sebanyak 1500 ml.
2. Dilakukan ulangan sebanyak 3 kali
3. Lama waktu fermentasi yakni 10,17 dan 24 hari. Analisis data diambil sesuai dengan konversi waktu fermentasi yang ditentukan.

### 3.6 Pengukuran Parameter

#### 3.6.1 Suhu

Suhu biodigester dilihat melalui termometer yang berada di reaktor.

#### 3.6.2 pH

Analisa pH menggunakan pH meter digital Consort C861. Sebelum digunakan pH meter digital dikalibrasi menggunakan aquades. Sampel pada bioreaktor yang akan diuji pada pH meter digital diambil melalui kran effluent yang sudah *didesign* sedemikian rupa kemudian diambil dengan wadah plastik klip untuk diujikan di laboratorium.

#### 3.6.3 Analisa Volume Biogas

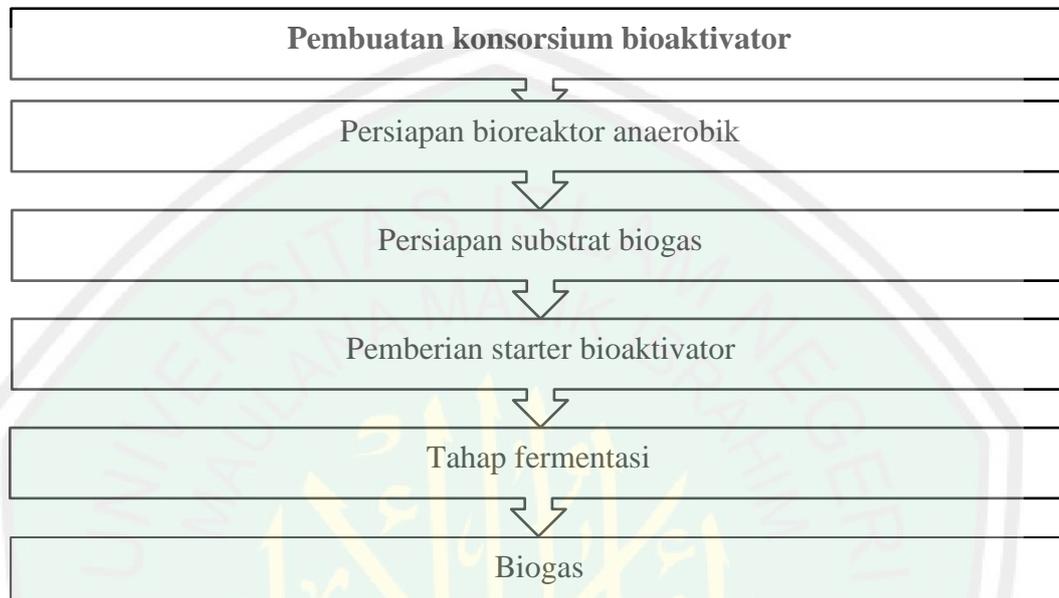
Analisa volume biogas dilakukan dengan mengamati kadar berkurangnya air pada gelas ukur terbalik yang telah kami *design*. Pengukuran volume biogas ini dilakukan setiap 7 hari sekali dimulai pada hari ke-10 selama 24 hari.

#### 3.6.4 Analisa Kadar Gas Metan (CH<sub>4</sub>)

Analisa kadar gas metan ini dilakukan setiap 7 hari sekali, dimana pengujian pertama dimulai pada hari ke-10 dengan interval waktu 7 hari. Sampel gas diambil dari tutup botol fial yang menempel pada tutup reaktor dengan menggunakan spuit dengan volume 5 ml. kemudian pada ujung jarum spuit ditutup dengan plastisin untuk menghindari kebocoran gas. Metode pengujian gas metan yang digunakan adalah dengan menggunakan metode gasometri. Dengan menggunakan gasometer electric. Diawali dengan sampel yang berupa gas dimasukkan ke dalam absorber CH<sub>4</sub>. Gas yang dimasukkan diukur terlebih dahulu berat dan volumenya. Absorber CH<sub>4</sub> yang telah dialiri CH<sub>4</sub>. Berikut rumus yang digunakan (Munajim, 2005) :

$$\text{Kadar CH}_4 = \frac{\text{penambahan berat absorber}}{\text{Volume gas bio}} \times 100\%$$

### 3.7 Skema prosedur kerja



**Gambar 3.2** Skema penelitian

### 3.8 Analisa Data

Berdasar pada rancangan penelitian, maka data yang diperoleh dari perlakuan lama waktu fermentasi dan konsentrasi bioaktivator berupa data eksperimental volume biogas dan gas metan. Selanjutnya dianalisis dengan menggunakan SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) dengan uji Analisis Varians (ANOVA) derajat signifikansi 5% untuk mengetahui adanya pengaruh perlakuan. Bila didapatkan pengaruh dari perlakuan yang diberikan, uji dilanjutkan dengan uji *Duncan* pada taraf 5% untuk mengetahui adanya signifikansi 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.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi terhadap Peningkatan Volume Biogas

Perlakuan pada penelitian ini berupa konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi. Bioaktivator yang digunakan berupa konsorsium bakteri *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Cellulomonas* sp. dengan konsentrasi 0%, 10% dan 20%. Lama fermentasi yang digunakan adalah 10 hari, 17 hari dan 24 hari. Pengambilan sampel dimulai pada hari ke 10, Hadi (1990) juga menyatakan bahwa biogas sudah terbentuk sekitar 10 hari setelah fermentasi yaitu sekitar 0,1-0,2 m<sup>3</sup>/kg dari berat bahan kering.

Substrat yang digunakan dalam pembuatan biogas ini adalah limbah cair tepung ikan yang didapat dari industri tepung ikan di daerah Muncar Banyuwangi Jawa Timur. Substrat yang akan digunakan diujikan kandungan organiknya terlebih dahulu di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Ketintang Surabaya. BPKI (2016), hasil analisa laboratorium untuk limbah industri tepung ikan menghasilkan limbah cair yang memiliki kandungan senyawa organik meliputi: lemak 11,31% ; protein 8,16% , karbohidrat 2,48%.

Hasil pengujian yang menunjukkan kandungan lemak yang lebih tinggi dibandingkan dengan protein bisa dikarenakan bahan yang digunakan dalam pembuatan tepung ikan. Limbah dengan kandungan organik yang cukup tinggi tidak bisa dibuang begitu saja di lingkungan, karena bisa menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pengolahan limbah sebagai bahan

biogas bisa dilakukan dalam rangka mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah industri.

Pentingnya pengolahan limbah yang bertujuan untuk menjaga kelestarian alam telah ditegaskan dalam Al-Qur'an Surat al-A'raaf 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 (Al-A'raaf : 56).*

Tafsir Ibnu katsir menjelaskan surat Al- A'raaf ayat 56 sebagai berikut :

Dan janganlah kalian membuat kerusakan di muka bumi, sesudah Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى 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 sendirinya, kemudian terjadi pengrusakan padanya, hal tersebut akan membahayakan semua hamba Allah Maka Allah, melarang hal tersebut, dan memerintahkan kepada mereka untuk menyembah-Nya dan berdoa kepada-Nya serta berendah diri dan memohon belas kasihan-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 سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”, maksudnya, sesungguhnya rahmat Allah selalu mengincar orang-orang yang berbuat kebaikan, yaitu mereka yang mengikuti perintah-perintah-Nya dan menjauhi larangan-larangan-Nya.

Qur'an surat Al-A'raaf ayat 56 secara jelas menegaskan bahwa segala perbuatan yang merusak, mencemari dan membahayakan kelestarian alam dilarang oleh Allah سُبْحَانَهُ وَتَعَالَى. Oleh karena itu setiap manusia dituntut untuk

memanfaatkan, dan mengembangkan potensi sumber daya alam dengan bijaksana. Sehingga diharapkan tidak ada keinginan yang berlebih untuk memanfaatkan sumber daya yang ada dan mengolah limbah sisa dari produksi dengan baik tanpa mencemari kelestarian yang telah ada, salah satunya berupa pengolahan limbah untuk biogas.

Bioaktivator yang digunakan berupa konsorsium bakteri. Isolat bakteri yang digunakan diantaranya: *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Cellulomonas* sp. Bakteri-bakteri dalam konsorsium bakteri hidrolitik tersusun dari berbagai jenis bakteri, yaitu bakteri selulolitik, proteolitik dan lipolitik. Bakteri selulolitik dalam konsorsium bakteri antara lain *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Cellulomonas* sp dan *Pseudomonas* sp (Rao, 2007). Bakteri tersebut berperan dalam menghidrolisis selulosa menjadi glukosa. Bakteri proteolitik dan lipolitik dalam konsorsium terdiri dari genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* (Schlegel, 1994; Chumaidi, 2009). Bakteri proteolitik akan memecah protein menjadi asam amino, sedangkan bakteri lipolitik memecah lipid menjadi asam lemak dan gliserol (Pelczar, 1988).

Parameter utama dari penelitian ini adalah peningkatan volume biogas dan peningkatan konsentrasi gas metan (CH<sub>4</sub>). Pengujian konsentrasi gas metan dilaksanakan di Balai Penelitian dan Konsentrasi Industri (BPKI) Ketintang Surabaya dengan menggunakan metode Gasometri. Sedangkan volume biogas diukur dengan menggunakan metode gelas ukur terbalik. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi gas metan dan volume biogas yang dicapai pada hari ke-10, 17, dan 24 hari.

Data volume biogas yang diambil dari hari ke-10,17 dan 24 pada perlakuan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi dengan substrat berupa limbah cair tepung ikan dengan sumber metanogen berupa rumen disajikan pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi Terhadap peningkatan Volume Biogas (ml)

Konsentrasi bioaktivator	Lama Fermentasi		
	W1	W2	W3
K1	20.56	9.22	9.67
K2	11.56	7.22	15.89
K3	5.17	4.11	2.00

Keterangan :

K : Konsentrasi Konsorsium bakteri hidrolitik

K1 : Konsentrasi 0%

K2 : Konsentrasi 10%

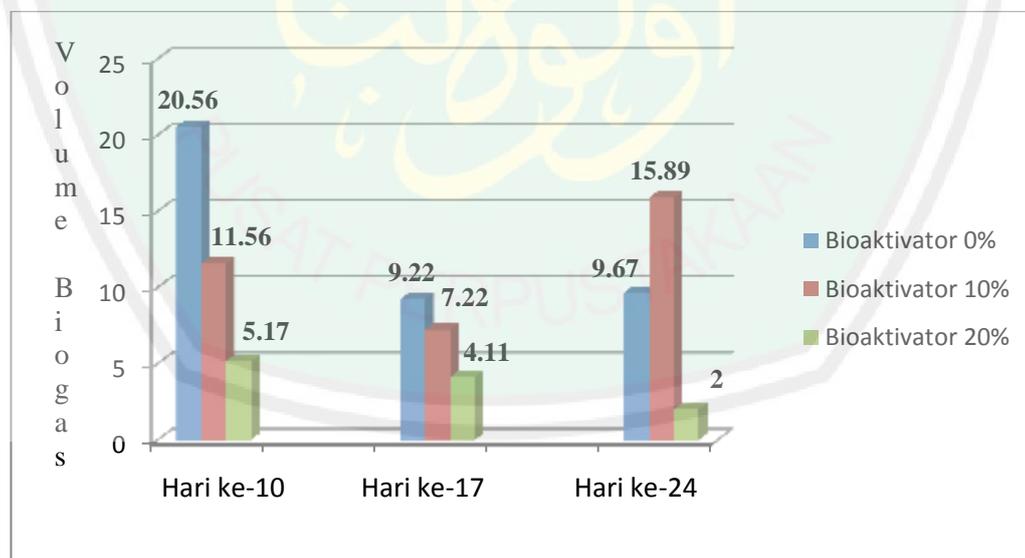
K3 : Konsentrasi 20%

W :LamaFermentasi

W1 : 10 hari

W2 : 17 hari

W3 : 24 hari



**Gambar 4.1** Hasil Pengujian Volume Biogas (ml)

Berdasar pada tabel 4.1 diatas menunjukkan bahwa volume biogas dari masing-masing perlakuan cukup bervariasi. Dimana volume biogas yang dihasilkan oleh perlakuan bioaktivator 0% pada hari ke-10 menghasilkan volume biogas sebesar

20,56 ml, pada hari ke 17 volume biogas menurun menjadi 9,22 ml dan pada hari ke-24 volumenya naik sedikit menjadi 9,67 ml. Perlakuan kedua berupa bioaktivator 10 % pada hari ke-10 menghasilkan volume biogas sebesar 11,56 ml sedangkan pada hari ke-17 sebesar 7,22 ml dan pada hari ke-24 mengalami kenaikan menjadi 15,89 ml. Perlakuan bioaktivator 20% menghasilkan volume biogas pada hari ke 10 sebesar 5,17 ml, pada hari ke17 menurun menjadi 4,11 dan pada hari ke-24 juga menurun volume biogasnya menjadi 2,00 ml.

Data volume biogas pada tiap perlakuan disajikan pada lampiran 2. Data tersebut diuji dengan menggunakan *One Sample Kolmogorov-Smirnov* untuk mengetahui data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Hasil uji normalitas data dari volume biogas (Lampiran 3). Analisa hasil perhitungan volume biogas diolah dengan *One Ways* annova. Apabila signifikansi menunjukkan kurang dari 0.05 maka dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan*.

Pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi terhadap volume biogas berdasarkan analisa *One Ways* Annova (Lampiran 3) menunjukkan bahwa variasi konsentrasi bioaktivator berpengaruh terhadap volume biogas. Ditunjukkan dari nilai signifikansi P kurang dari 0.05 ( $P = 0.041$ ). Sedangkan variasi lama fermentasi menunjukkan tidak adanya pengaruh terhadap volume biogas, ditunjukkan nilai signifikansi P lebih dari 0.05 ( $P = 0.761$ ). Kombinasi variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi juga menunjukkan tidak ada pengaruh dengan volume biogas, dimana nilai signifikansi P lebih dari 0.05 ( $P = 0.907$ ). Karena hasil analisa data berdasar annova dominan menunjukkan tidak signifikan, sedangkan yang signifikan hanya konsentrasi bioaktivator dimana

ditunjukkan dengan signifikansi kurang dari 0,05 ( $P = 0,041$ ). Berikut tabel *Duncan* pengaruh konsentrasi bioaktivator terhadap volume biogas.

**Tabel 4.2** Uji *Duncan* Pengaruh Konsentrasi Bioaktivator Terhadap Volume Biogas

Nomor	Perlakuan	Volume Biogas	Notasi
1.	Bioaktivator 20%	0,37	a
2.	Bioaktivator 0%	0,68	b
3	Bioaktivator 10%	0,74	b

Berdasar tabel 4.2, perlakuan bioaktivator 0% dan 10% memiliki satu notasi yaitu notasi b. Sehingga antara bioaktivator 0% dan 10% tidak berbeda nyata, namun antara bioaktivator 10% dan 0% berbeda nyata dengan bioaktivator 20%. Sehingga secara ekonomis, perlakuan bioaktivator 0% lebih efektif digunakan dibandingkan dengan menggunakan bioaktivator. Karena volume biogas yang dihasilkan antara bioaktivator 0% dan bioaktivator 10% tidak berbeda nyata. Sehingga semakin tinggi konsentrasi bioaktivator yang diberikan justru menurunkan volume biogas. Hasil ini berbeda dengan hasil penelitian Forster et al (2008) yang menyatakan, bahwa semakin tinggi konsentrasi konsorsium yang diberikan (konsentrasi 20%), maka produksi biogas semakin meningkat (7,136 ml dalam 5 liter substrat). Sedangkan pada penelitian ini dengan konsentrasi konsorsium bakteri hidrolitik 0% menghasilkan volume biogas tertinggi 20.56 ml, konsentrasi konsorsium 10% menghasilkan volume biogas tertinggi 15.89 ml dan konsentrasi 20% sebesar 5,17 ml dalam 1000 ml substrat. Perbedaan ini disebabkan karena jumlah substrat dan inokulum yang berbeda.

Dari tabel 4.2 dan uraian pada paragraf sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi bioaktivator yang semakin tinggi justru menghasilkan volume biogas yang rendah. Dan perlakuan tanpa bioaktivator justru menghasilkan volume biogas yang tinggi hal ini disebabkan karena pada bioreaktor sudah ada bakteri alami pada substrat dan rumen yang lebih dahulu mampu beradaptasi dengan baik. Sedangkan bakteri bioaktivator tidak mampu beradaptasi dengan baik karena lingkungan yang berbeda dibandingkan dengan lingkungan aslinya sehingga justru pada perlakuan 10% dan 20% justru menghasilkan volume biogas yang rendah.

Selain itu dibutuhkan konsentrasi yang seimbang antara konsentrasi bioaktivator dan konsentrasi substrat yang seimbang agar tidak terjadi perebutan nutrisi. Fusvita (2015) menyatakan, bahwa faktor lain yang mempengaruhi produksi biogas yaitu konsentrasi substrat. Pada konsentrasi konsorsium bakteri hidrolitik (Penelitian fusvita dengan konsentrasi konsorsium 15%) dengan jumlah substrat yang tetap (tidak ada penambahan) dan jumlah bakteri yang diberikan lebih besar, maka persaingan antar bakteri untuk memperoleh nutrisi semakin tinggi. Akibatnya, produktivitas beberapa bakteri tidak optimal dan menyebabkan kematian.

Hal ini mungkin juga disebabkan karena bakteri hidrolitik pada bioaktivator yang sudah ditambahkan rumen justru tidak mampu bertahan lama. Karena terjadi perebutan nutrisi antar bakteri bioaktivator dan bakteri rumen itu sendiri, sehingga bakteri bioaktivator tidak mampu bertahan lama. Seperti yang dijelaskan oleh Sumardi (2009), setiap spesies bakteri memiliki batas toleransi

tertentu terhadap parameter lingkungan tertentu. Fleksibilitas mikroba dalam beradaptasi pada lingkungan yang berbeda terlihat ekspresi genetik yang berubah.

Selain terjadi perebutan nutrisi juga bisa disebabkan karena pH reaktor. Dimana pH reaktor dari semua perlakuan didapatkan rata-rata pH sebesar 5,19 – 5,51 (Lampiran 1). Hal ini bertentangan dengan pernyataan Andianto (2011) yang menyatakan bahwa pH bioreaktor antara 7-8,5. Sedangkan pH reaktor pada penelitian ini lebih dominan asam. Hal ini yang bisa menjadikan faktor kerja bakteri konsorsium kurang efektif. Karena bakteri konsorsium hidrolitik memiliki kisaran pH yang berbeda beda, tidak semua bakteri konsorsium mampu bekerja pada kondisi asam. Sehingga volume biogas tertinggi didapatkan pada perlakuan tanpa konsentrasi bioaktivator.

Al-Saedi (2008) menyatakan, bahwa terdapat perbedaan yang mencolok antara pH yang diperlukan oleh *acidogenic bacteria* dengan *methanogenic bacteria*. *Acidogenic bacteria* memerlukan pH berkisar 4,5 – 7 dan bekerja secara optimum pada kisaran pH 6-7. Sementara itu, *methanogenic bacteria* bekerja pada kisaran pH 6,2 – 7,8 dan bekerja optimum pada kisaran sangat sempit yaitu 6,2-7,8 dan bekerja optimum pada kisaran sangat sempit yaitu 7-7,2.

Pada hari ke-10 dari semua perlakuan dominan menghasilkan volume biogas tertinggi dibandingkan hari lain kecuali pada perlakuan bioaktivator 10% yang memiliki hasil tertinggi pada hari ke-24. Volume biogas yang tinggi pada hari ke-10 bisa disebabkan karena pada awal fermentasi jumlah bahan organik yang tersedia cukup oleh bakteri akan didegradasi menjadi biogas seiring dengan bertambahnya waktu maka jumlah bahan organik yang akan dikonversi menjadi

biogas akan semakin berkurang. Palupi (1994) dalam Yulistiawati (2008), mengemukakan bahwa peningkatan produksi biogas pada awal proses fermentasi dikarenakan pada tahap awal mikroba di dalam fermentor masih dalam keadaan segar sebagaimana keadaan dalam rumen, sedangkan pada waktu berikutnya nutrisi yang tersedia jumlahnya semakin berkurang.

Nutrisi dalam bioreaktor tidak selamanya mampu mencukupi kebutuhan nutrisi bakteri. Sehingga di hari ke 17 dan 24 volume biogas didominasi mengalami penurunan. Rahmi (2009), juga menyatakan bahwa penambahan urea dapat mempengaruhi peningkatan produksi biogas karena urea yang ditambahkan merupakan sumber nutrisi berupa nitrogen yang dibutuhkan bakteri. Penambahan urea dapat meningkatkan produksi biogas sebesar 52.47% lebih besar daripada komposisi tanpa penambahan urea.

Berdasarkan gambar 4.1, volume biogas yang dihasilkan dari semua perlakuan Selain faktor bakteri, bisa juga disebabkan karena metode pengukuran yang kurang efektif dalam mengukur volume biogas. Selain itu juga bisa disebabkan karena tipe digester tipe *Batch* yang kami gunakan. Karena pada saat penelitian berlangsung banyak sekali reaktor yang mengalami kebocoran. Zupančič (2012) menyatakan, bahwa reaktor tipe *batch* merupakan reaktor yang memiliki banyak keuntungan seperti: memiliki performa yang cepat saat proses pencernaan, peralatan yang digunakan pada reaktor ini sangat sederhana dan murah, serta mudah untuk melakukan penaksiran terhadap laju pencernaan. Namun, kelemahan dari reaktor ini adalah hasil produksi gas sangat fluktuatif.

#### 4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi terhadap Konsentrasi Gas Metan ( $\text{CH}_4$ )

Data konsentrasi gas metan yang diambil dari hari ke-10,17 dan 24 pada perlakuan variasi konsentrasi bioaktivator dan variasi lama fermentasi dengan substrat berupa limbah cair tepung ikan dengan sumber metanogen berupa rumen disajikan pada tabel 4.3

**Tabel 4.3** Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Variasi Lama Fermentasi Terhadap Konsentrasi gas metan (%)

Konsentrasi Bioaktivator (%)	Lama Fermentasi		
	W1	W2	W3
K1	66.23	64.40	60.00
K2	67.86	72.36	64.39
K3	70.53	73.36	70.19

Keterangan :

K : Konsentrasi Konsorsium bakteri hidrolitik

W : Lama Fermentasi

K1 : Konsentrasi 0%

W1 : 10 hari

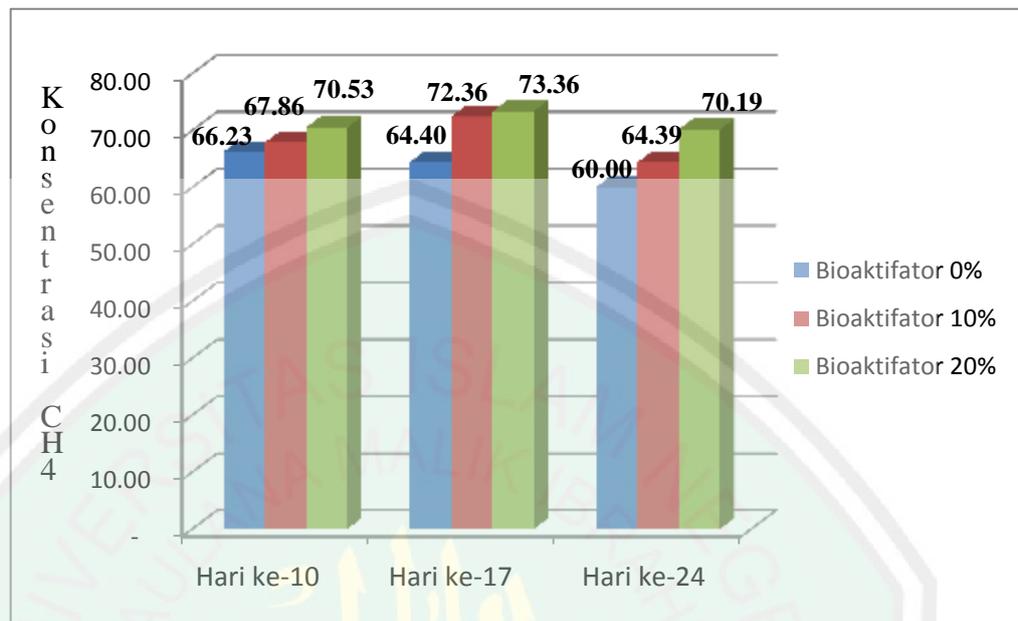
K2 : Konsentrasi 10%

W2 : 17 hari

K3 : Konsentrasi 20%

W3 : 24 hari

Berdasar pada tabel diatas menunjukkan bahwa konsentasi gas metan tertinggi didapatkan pada perlakuan K3W2. Perlakuan K3W2 ini berupa konsentrasi bioaktivator 20% dengan lama fermentasi 17 hari. sedangkan konsentrasi terendah didapatkan pada perlakuan K1W1 berupa konsentrasi bioaktivator 0% dengan lama fermentasi 10 hari. Dibuat grafik peningkatan konsentrasi gas metan sebagai berikut.



**Gambar 4.2** Hasil Pengujian Konsentrasi Gas Metan (%)

Berdasar pada gambar 4.1, dijelaskan bahwa konsentrasi gas metan pada hari ke-10 tidak berbeda jauh dari semua perlakuan, dimana perlakuan bioaktivator 0% sebesar 66,23%, bioaktivator 10% sebesar 67,86% dan bioaktivator 20% sebesar 70,53%. Sedangkan pada hari ke-17 konsentrasi gas metan didominasi mencapai nilai tertinggi kecuali perlakuan bioaktivator 0%. Dimana konsentrasi gas metan yang dihasilkan pada masing masing perlakuan yaitu bioaktivator 0% sebesar 64,40%, bioaktivator 10% sebesar 72,36% dan bioaktivator 20% sebesar 73,36%. Pada hari ke-24 masing-masing perlakuan mengalami penurunan konsentrasi gas metan, perlakuan konsentrasi bioaktivator 0% sebesar 60%, bioaktivator 10% sebesar 64,39% dan bioaktivator 20% sebesar 70,19 %. Konsentrasi tertinggi gas metan didapatkan oleh perlakuan K3W2 sebesar 71,96% berupa konsentrasi bioaktivator 20% dengan lama fermentasi 17 hari, sedangkan konsentrasi terendah

pada perlakuan K1W1 sebesar 61,82% berupa konsentrasi bioaktivator sebesar 0% dengan lama fermentasi 10 hari.

Data konsentrasi gas metan pada tiap perlakuan disajikan pada lampiran 2. Data tersebut diuji dengan menggunakan *One Sample Kolmogorov-Smirnov* untuk mengetahui data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Hasil uji normalitas data dari konsentrasi gas metan menunjukkan data konsentrasi gas metan normal (Lampiran 3).

Analisa hasil perhitungan konsentrasi gas metan diolah dengan *One Ways* annova. Apabila signifikansi menunjukkan kurang dari 0.05 maka dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan*. Hasil analisis data konsentrasi gas metan (Lampiran 3) menunjukkan bahwasannya, pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi terhadap konsentrasi gas metan berdasarkan analisa *One Ways* Annova menunjukkan bahwa variasi konsentrasi bioaktivator berpengaruh terhadap konsentrasi gas metan. Ditunjukkan dari nilai signifikansi P kurang dari 0.05 ( $P = 0.000$ ). Sedangkan variasi lama fermentasi juga menunjukkan adanya pengaruh terhadap konsentrasi gas metan, ditunjukkan nilai signifikansi P kurang dari 0.05 ( $P = 0.000$ ). Kombinasi variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi juga menunjukkan adanya pengaruh dengan konsentrasi gas metan, dimana nilai signifikansi P kurang dari 0.05 ( $P = 0.000$ ). Karena data menunjukkan signifikansi atau adanya pengaruh variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi terhadap konsentrasi gas metan maka analisa dilanjutkan dengan uji *Duncan*.

Dari tabel uji *Duncan* pengaruh konsentrasi bioaktivator terhadap konsentrasi gas metan (Lampiran 3) menunjukkan bahwa konsentrasi bioaktivator

yang paling efektif dalam menghasilkan konsentrasi bioaktivator yang paling besar pada konsentrasi 20%. Notasi yang muncul berupa notasi a, b dan c menunjukkan bahwa antar perlakuan menunjukkan hasil yang beda nyata dimana konsentrasi bioaktivator dan konsentrasi gas metan saling berpengaruh. Hal ini menunjukkan bahwa berdasar tabel diatas, semakin besar konsentrasi bioaktivator yang diberikan maka semakin tinggi konsentrasi gas metan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena bakteri yang berperan dalam proses degradasi bahan organik yang digunakan dalam pembentukan biogas lebih banyak, sehingga konsentrasi yang dihasilkan pun lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan konsorsium bakteri yang digunakan yaitu : *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Cellulomonas* sp. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Fusvita (2015), dimana konsentasi gas metan tertinggi didapatkan apada konsentrasi konsorsium hidrolitik tertinggi yaitu 15 % sebesar 70,82 % konsentrasi gas metan.

Hal diatas sejalan pernyataan Deublein *et al* (2008) menyatakan bahwa, 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. Darisa (2014) juga menyatakan bahwa, semakin tinggi jumlah bakteri yang diberikan maka semakin cepat suatu substrat untuk dirombak menjadi monomer-monomer selama proses fermentasi berlangsung.

Dari tabel uji *Duncan* pengaruh lama fermentasi terhadap konsentrasi gas metan (Lampiran 3) menunjukkan ada beda nyata, antara lama fermentasi dan konsentrasi gas metan. Dimana lama fermentasi yang paling optimum dalam menghasilkan konsentrasi gas metan yang tinggi adalah pada hari ke 17(notasi c), kemudian hari ke-10 (notasi b) dan yang terakhir adalah hari ke 24(notasi a). Konsentrasi tertinggi didapatkan pada hari ke-17 ini dikarenakan bakteri metanogenesis sudah melalui fase adaptasi dan degradasi bahan organik sudah mengalami titik puncak sehingga bakteri metanogenesis bisa menghasilkan gas metan secara maksimal dibandingkan pada hari ke 10 dan hari 24. Dimana pada hari ke-10 bakteri masih mengalami masa adaptasi sehingga materi organik yang terdekomposisi lebih sedikit sehingga konsentrasi gas metan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan hari ke-17.. Sedangkan pada hari ke-24 sudah banyak bakteri yang mati dikarenakan nutrisi yang telah habis oleh karena itu konsentrasi gas metan yang dihasilkan pada hari ke-10 dan hari ke-24 lebih rendah.

**Tabel 4.4** Analisa Uji *Duncan* terhadap Konsentrasi gas Metan Berdasarkan Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Lama Fermentasi.

Nomor	Perlakuan	Konsentrasi Gas Metan	Notasi
1.	K1W3	59,99	a
2.	K2W3	64,38	b
3.	K1W2	64,39	b
4.	K1W1	66,22	c
5.	K2W1	67,85	d
6.	K3W3	70,18	e
7.	K3W1	70,52	e
8.	K2W2	72,36	f
9.	K3W2	73,35	f

Berdasarkan pada tabel 4.4 masing-masing perlakuan memiliki notasi yang cukup bervariasi dimana K1W3 dengan K2W3 berbeda nyata ditunjukkan dengan

K1W3 bernotasi a dan K2W3 bernotasi b, K2W3 dengan K1W2 tidak berbeda nyata karena sama-sama bernotasi b. Sedangkan antara K1W2 dengan K1W1 berbeda nyata ditunjukkan dengan K1W2 bernotasi b dan K1W1 bernotasi c. K1W1 dengan K2W1 ada beda nyata dimana K1W1 bernotasi c dan K2W1 bernotasi D. K3W3 dan K3W1 tidak ada beda nyata karena sama sama bernotasi e. Antara K3W1 dengan K2W2 ada beda nyata karena K3W1 bernotasi e sedangkan K2W2 bernotasi f. Perlakuan K2W2 dan K3W2 tidak ada beda nyata sama sama bernotasi f.

Perlakuan yang paling efektif menghasilkan konsentrasi gas metan tinggi ditunjukkan notasi f sedangkan perlakuan dengan konsentrasi gas metan rendah ditunjukkan notasi a. dimana pada notasi f menunjukkan dua perlakuan yang tinggi konsentrasi gas metannya yaitu perlakuan K3W2 dan K2W2 dimana K3W2 berupa konsentrasi bioaktivator 20% lama fermentasi 17 hari sedangkan K2W2 berupa konsentrasi bioaktivator 10% lama fermentasi 17 hari. Sehingga secara ekonomis, lebih efektif menggunakan perlakuan K2W2 dimana konsentrasi yang digunakan tidak menghabiskan biaya dan dalam waktu yang sama dengan K3W2 yaitu 17 hari dapat menghasilkan gas metan dengan konsentrasi yang tidak berbeda jauh antara konsentrasi bioaktivator 10% dengan konsentrasi 20%.

Sedangkan perlakuan dengan konsentrasi gas metan paling rendah ditunjukkan oleh notasi a berupa perlakuan K1W3. Dimana perlakuan ini berupa konsentrasi bioaktivator 0% (tanpa bioaktivator) dengan lama fermentasi 24 hari. Konsentrasi gas metan yang rendah disebabkan karena bakteri hidrolitik kurang sehingga degradasi materi organik juga lambat. Padahal semakin lama fermentasi

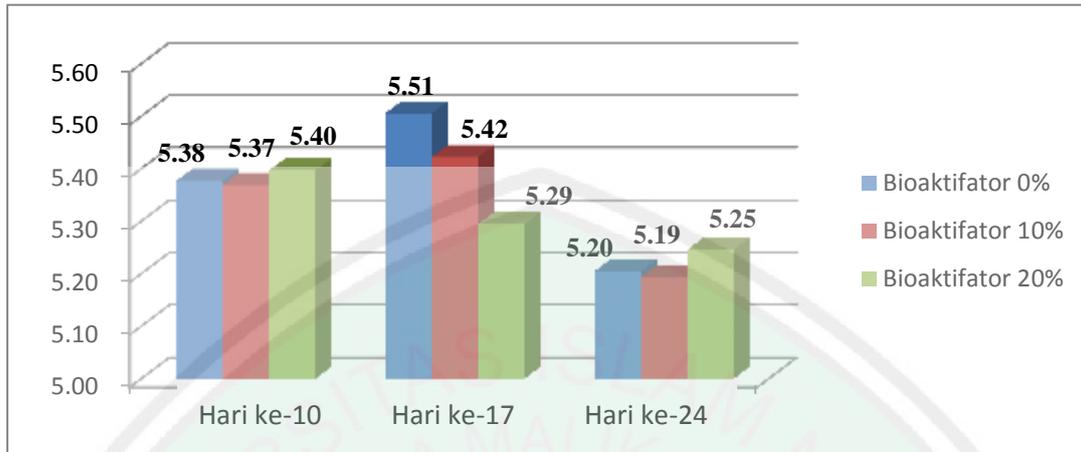
juga berdampak negatif dalam fermentasi dimana nutrisi yang ada dalam reaktor semakin menipis sehingga kerja bakteri dapat terhambat yang berdampak konsentrasi gas metan rendah.

Padang *et al*(2011) menyatakan, bahwa semakin lama waktu fermentasi juga menyebabkan semakin berkurangnya nutrisi atau sumber energi bagi bakteri anaerob yang berdampak pada penurunan produktifitas bakteri anaerob. Koumanova (2008) menyatakan bahwa, nutrisi dianggap sebagai faktor utama yang mempengaruhi mikroorganisme dalam produksi biogas. Seperti proses biologis lainnya, metanogenesis melibatkan mikroorganisme yang mengubah bahan organik menjadi metana, karbon dioksida dan gas-gas lain. Tingkat keseluruhan pemanfaatan bahan organik dan produksi metana tergantung pada sejauh mana kebutuhan nutrisi bakteri metanogen dan bakteri non-metanogen dapat dipenuhi oleh konstituen dari bahan organik dan dengan metabolit primer atau sekunder yang dihasilkan oleh satu spesies.

Agustina (2011) menyebutkan bahwa, pertumbuhan bakteri metanogenesis di awal proses masih mengalami masa penyesuaian dengan keadaan didalam bahan baku yang akan diuraikan menjadi biomassa, baik dari segi nutrisi, pH, atau temperatur yang sesuai dengan tempat hidupnya. Selanjutnya, bakteri mengalami proses pertumbuhan yang begitu cepat sehingga akan dihasilkan produksi biogas maksimal oleh karena adanya pemanfaatan nutrisi yang baik oleh bakteri metanogenesis. Fase selanjutnya, bakteri mulai kekurangan nutrisi dimana jumlah bakteri yang tumbuh sama banyaknya dengan bakteri yang mati Sehingga biogas

yang dihasilkan cenderung konstan (tetap). Selanjutnya bakteri sudah mulai mati sehingga produksi biogas sudah mulai menurun.

Selain faktor nutrisi, produksi gas metan bisa menurun disebabkan karena akumulasi gas-gas atau zat-zat yang berasal dari fase sebelumnya. Dimana zat-zat tersebut justru menghambat produksi biogas ataupun gas metan. Hal ini terbukti pada hari ke-24 konsentrasi gas metan justru menurun. Deublein dan Angelika (2008) menyebutkan bahwa, ketika fermentasi berlangsung maka akan terjadi perombakan unsur-unsur organik dalam substrat oleh bakteri-bakteri fermentatif hingga menghasilkan akumulasi produk-produk gas yang bermacam-macam seperti  $H_2$ ,  $CO_2$ , asetat, asam volatile, etanol, dan lain-lain. Ketika konsentrasi  $H_2$  rendah, maka bakteri asetogenik akan banyak memproduksi  $H_2$ ,  $CO_2$ , dan asetat. Produk-produk tersebut digunakan oleh bakteri metanogen sebagai prekursor untuk membentuk gas metana ( $CH_4$ ). Ketika konsentrasi  $H_2$  tinggi, bakteri asetogenik akan banyak memproduksi asam butirat, asam propionate, asam valerat dan etanol serta sedikit memproduksi asetat  $H_2$ , dan  $CO_2$ . Hal ini menyebabkan produksi  $CH_4$  oleh bakteri metanogen semakin menurun. Deublein and Steinhauser (2008) juga menyatakan bahwa adanya kontaminasi udara menyebabkan bakteri penghasil biogas (bakteri metanogenesis) yang merupakan bakteri anaerob obligat akan mengalami hambatan pertumbuhan bahkan mati. Selain itu menurunnya konsentrasi gas metan bisa dikarenakan pH dalam bioreaktor yang kurang mendukung.



**Gambar 4.3** pH Bioreaktor Selama Proses Fermentasi

Berdasar pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa pH pada bioreaktor dari hari ke hari dominan mengalami naik turun. Hal ini dapat mempengaruhi kerja bakteri karena berkaitan dengan kerja enzimatis dalam tubuh bakteri. Moertinah (2010) menyatakan bahwa, penurunan nilai pH yang terjadi setelah proses asidifikasi 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 CO<sub>2</sub> pada gas naik. Dengan demikian dibutuhkan pengolahan pH untuk menjamin laju produksi metana.

Selain pH, suhu juga mempengaruhi produksi gas metan. Berdasar pada data suhu yang didapat (Lampiran 2) dimana suhu selama proses fermentasi berkisar antara 33<sup>0</sup>C – 43<sup>0</sup>C. Menurut Lazuardi (2008), temperatur yang baik untuk proses pembentukan biogas berada dalam kisaran 20-40<sup>0</sup>C. Sedangkan Deublein *et al.*, (2008) menyatakan bahwa temperatur ideal untuk proses pembentukan biogas berkisar 32-42<sup>0</sup>C. Dengan demikian penggunaan temperatur ruang dinilai relatif baik untuk menghasilkan biogas (Yenni *et al.*, 2012).

Padmono (2007) menambahkan, metanogenesis merupakan tahap yang paling kritis dan sensitif dalam proses dekomposisi bahan organik secara anaerobik. Hal ini dikarenakan waktu reproduksi bakteri ini sangat lambat hingga 3 hari dibandingkan dengan bakteri sebelumnya yang hanya membutuhkan waktu 3 jam.

Khaerunnisa dan Ika (2013) menyatakan bahwa, dalam pembentukan gas metana, bakteri yang berperan adalah bakteri metanogenesis. Bakteri metanogenesis akan memanfaatkan hasil dari tahap sebelumnya yaitu asetat, format, karbondioksida, dan hidrogen sebagai substrat untuk menghasilkan metana, karbondioksida, sisa-sisa gas seperti  $H_2S$  dan air. Produksi biogas akan lebih optimum jika fermentasi anaerobik yang dilakukan benar-benar pada kondisi tanpa oksigen ( $O_2$ ). Rahmadian (2012), menyatakan, kandungan gas metana yang ideal dalam biogas adalah sekitar 60-70%. Kapahang dkk.(2007) menyebutkan, kadar gas metana dalam biogas dapat dicapai hingga 80%. Gunawan (2013) menyatakan, bahwa energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana. Semakin tinggi kandungan metana, semakin besar nilai kalor pada biogas. Sebaliknya jika kandungan metana rendah, nilai kalor pada biogas tersebut juga rendah.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah

1. Pemberian variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi tidak memberikan pengaruh yang nyata ( $P > 0,05$ ) terhadap volume biogas dari limbah cair industri tepung ikan. Dimana rata-rata volume biogas tertinggi didapatkan pada perlakuan K1W1 berupa konsentrasi bioaktivator 0% dengan lama fermentasi 10 hari sebesar 20.56 ml
2. Pemberian variasi konsentrasi bioaktivator dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap konsentrasi gas metan dari limbah cair industri tepung ikan. Hasil tertinggi didapatkan pada perlakuan K3W2 berupa konsentrasi bioaktivator 20% dengan lama fermentasi 17 hari sebesar 73.36%.

#### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Konsentrasi bioaktivator 20% menghasilkan kadar gas metan tertinggi. Namun, perlakuan konsentrasi 20% tidak beda signifikan dengan konsentrasi bioaktivator 10%. Secara ekonomis, konsentrasi bioaktivator 10% lebih menguntungkan dalam pemanfaatan skala industri.

2. Untuk pengujian lama fermentasi sebaiknya digunakan interval waktu yang lebih pendek ( 0,5, 10, 15 dan 20 hari ). Hal ini bertujuan untuk mengetahui produksi biogas dan gas metan yang eksponensial.
3. Disarankan untuk penelitian selanjutnya, pengujian volume biogas dengan menggunakan metode selain menggunakan metode gelas ukur terbalik seperti dengan menggunakan volumemeter
4. Disarankan untuk penelitian selanjutnya, perlu adanya perlakuan variasi konsorsium bakteri hidrolitik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas kerja bakteri dalam mendegradasi substrat biogas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, T. Tauseef, S. & Abbasi, S. 2012. *Biogas Energy*. New York: Springer
- Abdullah bin Muhammad. 2007. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 6*. Bogor: Pustaka Imam asy-Syafi'i. Diterjemahkan oleh : M. Abdul Ghoffar
- Abdurrahman bin Nashir, Taisir al-Karim ar-Rahman fi Tafsir Kalam al-Mannan, Lubnan, Bairut: Al-Rayan Institution Publishers, 2012
- Abt, B.B., 2010, Complete genome sequences of Cellulomonas sp. type strain(134t), *standarts in genomic sciences*, 3 15-25
- Ad-Dimasyqi, Al-Imam Abul Fida Isma'il Ibnu Katsir. 2000<sup>a</sup>. *Tafsir Ibnu Katsir Juz 4 (Ali-Imran 92 s.d An-Nisa 23)*. Bandung : Penerbit Sinar Baru Algesindo Bandung. Diterjemahkan oleh Bahrun Abu Bakar, Lc
- Ad-Dimasyqi, Al-Imam Abul Fida Isma'il Ibnu Katsir. 2000<sup>b</sup>. *Tafsir Ibnu Katsir Juz 8 (Al-An'am 111 sd Al-A'raf 87)*. Bandung : Penerbit Sinar BARU Algesindo Bandung. Diterjemahkan oleh Bahrun 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.
- Ahmad bin Hanbal. 1995. *Al- Musnad*. Kairo: Darul Hadits
- Alfonso, O.M.D., Borquez, R. 2002. Review of the Treatmen of seafood Processin Wastewaters and Recovery of Proteins Therein by Membrane Separation Processes-Prospects of the Ultrafiltration of wastewaters from the Fish Meal Industry. *Desalination 142*, 29-45
- Al-Qurthubi. 2008. *Tafsir Al-Qurthubi*. Jakarta : Pustaka Azzam
- AlSaedi. 2008. *Biogas Handbook*. Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs
- Andianto. 2011. Aliran Slurry di dalam Digester Biogas Tipe Aliran Kontinyu, *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Anonim. 2015. *Cadangan Minyak Indonesia Tinggal 3,7 Milliar Barel*. www.Kompas.co.id. diakses pada tanggal 15 April 2016

Anonim. 2015. <http://www.hijauku.com/2013/07/31/konsumsi-energi-dunia-naik-56-pada-2040/>. Diakses pada hari Sabtu, 19 Maret 2016.09.57 AM. WIB

As-Sa'di, Abdurrahman bin Nashir, Taisir al-Karim Ar-Arahman fi Tafsir Kalam

Aulia, Vina. 2014 . Toksisitas Limbah Cair Industri Pengalengan Ikan di Muncar Terhadap Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.). *Artikel Ilmiah Mahasiswa UNEJ*

Bergey D.H. 1994 . *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9<sup>th</sup> ed.*, Philadelphia: Wiliam and Wilkins

Bitton, G., 1999. *Wastewater Microbiology Second Edition*, Willey Liss Inc. New York

Blackkall,P.J. 1988. Antimicrobial drug resistance and the occurrence of plasmids in *H. paragallinarum*, *Avian Dis*, 32 : 742-747

Chaudhary. P. N. N. Kumar dan D.N Deobagkar, 1997. The glaucanases of *Gha Cellulomonas*, *Biotechnol. Ady.* 15 : 315-331

Coniwanti, Pamilia, dkk. 2009. Pembuatan Biogas dari Ampas Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, No. 1, Vol. 16

Cotton dan Wilkinson, 1989., *Kimia Anorganik Dasar*, UI-Press, Jakarta

Czerkawski, J.W. 1986. *An Introductian to Rumen Studies*. Pergamon Press. p.: 85-184

Damanhuri, E. 2008. Pengaruh Perubahan Temperatur terhadap Produksi GasMetan dari Sampah dengan Kadar Materi Terbiodegradasi (Biodegradable) Tinggi, *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1 (2)

Darisa, Dias Rizka. 2014. Pengaruh Variasi Konsentrasi Bakteri Hidrolitik dan Lama Waktu Fermentasi terhadap Produksi Biogas dengan Substrat Kotoran Sapi. *SKRIPSI*. Surabaya : Universitas Airlangga

Deublein, & Steinhauser. (2008). *Biogas from Waste and Renewable Resources an Introduction*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag

Forster, C. Perez, M. and Romero , L.I., 2008, Influence of Total Solid and Inoculum Contents on Performance of Anaerobic Reactors Treating Food Waste, *Bioresource Technology*, Vol. 94, No. 3.

Fusvita, Laifa. 2015. Pengaruh Variasi Konesentrasi 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

Garrido, M.J., Guerrero, L., Mendez R., Lerna M.J. 1998. Nitrification of Waste Waters from Fish-Meal Factories. *Water SA* Vol.24 No.3 ISSN 0378-4738

Garrity, G. M. Julia, A.B. and Timothy, G. L. 2004. *Taxonomic outline of the Prokaryotes Bergey's of Systematic Bacteriology, Second Edition*, Release 5.0 May 2004

Ghani, M., Asma, A., Afshee, A., . 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*. Cepu : Lemigas

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. dan Bergey D.H. 1994 . *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9<sup>th</sup> ed.*, Philadelphia: Wiliam and Wilkins

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

Iqbal, 2011, Tafsir Al-Qur'an, cet.1,jilid.6 Jakarta:Pustaka Sahifa,

Islamirisya, N, 2011. Pemanfaatan Spent Mushroom Compost (SMC ) untuk pengomposan limbah organik rumah tangga menggunakan komposter termofilik (kajian proppsal cairan rumen sapid an limbah cair biogas). *Teknik Pertanian UB*.

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

Jalaluddin Asy-Syuyuthi dan Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad Al-Mahalliy, 2009. Tafsir Jalalain Digital. Atsikmalaya : Kompilasi CHM oleh Dani Hidayat

- Jenie.L.S. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius
- Kapahang, Ardi, dkk.2007. Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Bakteri Metanogenik Asal limbah Air Kelapa. *Forum Pascasarjana*, Vol.30, No.1:25-35. Bogor: IPB
- Karki, A.B. and Dixit, K. 1984. *Biogas Fieldbook (Vol.42. Nepal* : Sahayugi Press
- Karunia, Peter, 2015. Biokonversi Limbah Cair Tepung Ikan Menjadi Pupuk Organik Cair Dengan Perlakuan Variasi Frekuensi Pemberian Inokulum Mikroba Dan Konsentrasi Pengenceran Limbah Cair Tepung Ikan. *Skripsi*. Surabaya : UNAIR
- Khasristya, Amaru, 2004, Rancang Bangun dan Uji Kinerja Biodigester Plastik Polyethylene Skala Kecil (Studi Kasus Ds. Cidatar Kec.Cisurupan, Kab. Garut), *Tugas Akhir*, Fakultas Pertanian, UNPAD, Indonesia
- Lazuardi, I. 2008. Rancang Bangun Alat Penghasil Biogas Model Terapung. *Skripsi*. Medan : Universitas Sumatera Utara
- Lettinga. 1994. *Anaerobic Sewage Treatment: A Practical Guide for Regions with a Hot Climate*. New York : J. Wiley
- Madigan, M.T., John , M. Martinko, and Jack, P., 2003, *Brock Biology of Microorganism*.USA : William and Wilkins Co
- Mariastuti, Hima Dewi. 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
- Mangaiyarkasi, M.S.M. 2011, Bioreductions of Cr (VI) by Alkaliphilic Bacillus subtilis and interaction of the membrans group, *Saudi journal of Biological sciences*. 18, 157-167
- Mastika, I.M. 2011. *Potensi Limbah Pertanian dan Industri Pertanian untuk Makanan Ternak*. Denpasar : Udayana University Press
- 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

- Munajim. 2005. *Cara-Cara analisis Kimia*. Departemen Perindustrian Balai Penelitian dan Pengembangan Industri
- Munir, Siroj. 2013. Hukum Menggunakan Biogas dari Limbah Kotoran Hewan(BendaNajis). <http://www.fikihkontemporer.com/2013/02/hukum-menggunakan-biogas-dari-limbah>. Html. Diakses pada 03-10-2016
- 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
- Padang, A.Y., Nurchayati, dan Suhandi, 2011, Meningkatkan Kualitas Biogas dengan Penambahan Gula, *Jurnal Teknik Rekayasa*, 12
- Pariza, M. W., and Johnson, E. A., 2001. Evaluating the safety of Microbial Enzyme Preparations Used in food Processing: Update for a new Century, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 33. 173-186
- Pelczar, M.J. 1986 *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta : UI-Press
- Pinto, C. 2012. Physiological Characterization od Bacillus licheniformis Strain an Chemostat Cultivations. Departmen of Chemical engineering, Lund University, Sweden
- Poulsen,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. Microbiol. Biotechnol*, 29 : 480-484
- Prasetya, Deny. 2011. Pembuatan Biogas Dari Limbah Cair Tepung Ikan. *Skripsi*. Surabaya : Universitas Pembangunan Nasional
- Purwoko, Tjahjadi. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Jakarta : Bumi Aksara
- Qardhawi, Yusuf. 2002. Islam Agama Ramah Lingkungan. Jakarta: Pustaka Al-Kautsar
- Rahmayanti, D., Dharma, A., & Salim, M. (2013). Fermentasi Anaerob dari Sampah Pasar untuk Pembentukan Biogas. *Jurnal Kimia Unand*, 2(2), 36-40
- Rahmi, Nur and Puji Winarti., 2009, *Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Lumpur Aktif Proses Anaerob*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik, UNDIP. Indonesia

- Rao, N.S.S., 2007. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Edisi Kedua*. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- 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
- Raskin, L., Mackie, R.I., McMahon, K.D., and Griffin, M.E. 1997. Methanogenic Population Dynamics During Start-Up of Anaerobic Digesters Treating Municipal Solid Waste and Biosolids, *Biotechnology and Bioengineering Journal*. Vol, 5. Hal : 342-355
- Ratnaningsih. 2009. Potensi Pembentukan Biogas pada Proses Biodegradasi Campuran Sampah Organik Segar dan Kotoran Sapi dalam Batch Reactor Anaerob. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5 (1)
- Romli, M. (2010). *Teknologi Penanganan Limbah Anaerobik*. Bogor: TML Publikasi
- Sa'id, E. (2006). *Bioindustri: Penerapan Teknologi Fermentasi*. Bogor: TML Publikasi
- Said, E.G., 2006. *Bioindustri : Penerapan Teknologi Fermentasi*. Jakarta : Mediatama Sarana Prakasa
- Schlegel, H.G., 1994, Mikrobiologi Umum Edisi Keenam, Terjemahan: Tedjo Baskoro, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Schnurer, A. dan Jarvis, A. (2010). *Microbiological Handbook For Biogas Plants*. Swedia : Swedish Waste Management
- Swaathy, S. 2014. Microbial Surface mediated Degradations of Anthracene in Aqueous Phase by Marine Bacillus licheniformis MTCC5514, *Biotechnology Reports*, 4, 161-170
- Tausikal, Muhammad Abduh. 2015. Kotoran hewan apakah najis?. <https://rumaysho.com/10556-kotoran-hewan-apakah-najis-html>. Diakses pada 06-10-2016
- Umam, Khoirul. 2007. Analisis potensi Sumber Energi Alternatif dan Implikasinya Terhadap Sosial-Ekonomi Masyarakat Indonesia. *Tugas Akhir*. Semarang : UNNES
- Wahyuni, Sri. 2013. *Biogas*. Jakarta : Penebar Swadaya

- Werner, U., Storch, V. And Hees, N. 1989, *Biogas Plant in Animal Husbandry, Application of the Dutchs Guesllechaft Fuer Technische Zusemmernarbeit (GTZ) GnbH*
- Widarto, L., & Sudarto, F. 1997. *Membuat Biogas*. Yogyakarta: Kanisius
- Wiratmana, A., Sukadana, K., & Tenaya, N. (2013). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Bahan Kering terhadap Produksi dan Nilai Kalor Biogas Kotoran Sapi. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 5(1), 1-97
- Yasin, A. Mubarak. 2014. Hukum Biogas dari Kotoran Hewan/ Manusia. <http://tebuieng.org/hukum-biogas-dari-kotoran-hewanmanusia/>. Diakses pada 03-10-2016
- Yenni. 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
- Yeza, A. Valero, J.R. Surampalli, R. Y. 2006. Bioconversion of Industrial wastewater and wastewater sludge into *Bacillus thuringiensis* based biopesticide in pilot fermentor. *Bioresources Technology* 97, 1850-1857
- Yonathan, Arnold, dkk. 2013. Produksi Biogas dari Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) : Kajian Konsistensi dan pH terhadap Biogas Dihasilkan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2, No.2
- Yulistiawati. E. 2008. *Pengaruh Suhu dan C/N Rasio Terhadap Produksi Biogas Berbahan Baku Sampah Organik Sayuran*. Skripsi. Program Strata I Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zahidah, Dinda dan Maya, Shofitri. 2013. Isolasi, Karakterisasi dan Potensi bakteri Aerob sebagai Pendegradasi Limbah Organik. *Jurnal Sains Dan Seni. POMITS*. Vol.2. No.1. 2337-3520
- Zupančič, Gregor D dan Viktor Grilc. 2012. "Anaerobic Treatment and Biogas Production from Organic Waste". *Journal of enviromental engineering*. 5-10

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Skema Kerja

#### a. Pewarnaan gram

Isolat bakteri uji

- Dipersiapkan semua alat dan bahan didalam area steril LAF (*Laminar air flow*)
- Diambil satu ose dari isolat bakteri kemudian digoreskan pada objek glass
- Kemudian ditetesi dengan aquades dteril diratakan dan difiksasi di atas Bunsen
- Setelah mengering, ditetesi dengan Kristal violet sebanyak satu tetes, diratkan kemudian diamkan selama 1 menit
- Dialiri dengan aquades steril agar warna yang tidak menempel di bakteri luntur
- Kemudian dikering anginkan, ditetesi dengan iodine sebanyak 1 tetes, diratakan dan didiamkan selama 1 menit
- Dibilas dengan alkohol 75% kemudian dikering anginkan
- Ditetesi dengan safranin sebanyak 1 tetes, diratakan dan didiamkan selama 45 detik
- Dialiri dengan aquades steril kemudian dikeringkan
- Diamati dengan mikroskop binokuler

Hasil

## b. Pembuatan Konsorsium Bakteri

## Isolat Bakteri

- Dibuat media NA (*Nutrient agar*) sebanyak 100 ml
- Kemudian dituangkan pada 5 tabung reaksi dan dimiringkan
- Diambil satu ose dari masing-masing isolat bakteri dan di *streak* pada media miring
- Kemudian diinkubasi dalam inkubator selama 24 jam
- Dibuat media NB (*Nutrient broth*) sebanyak 100 ml pada botol You C 100 setiap 1 bakteri perlakuan
- Kemudian diinokulasi masing-masing isolat bakteri secara aseptik
- Diinkubasi selama 24 jam
- Diukur nilai OD dengan panjang gelombang 550 nm pada masing-masing bakteri
- Dibuat media NB sebanyak 300 ml untuk setiap bakteri
- Diinokulasikan masing-masing bakteri dari hasil inkubasi pada 100 ml ke 300 ml (sekitar 10 ml)
- Kemudian diinkubasi selama 24 jam
- Diukur nilai OD dengan panjang gelombang 550 nm dengan spektrofotometer uv-vis
- Dibuat media NB (*Nutrient broth*) sebanyak 1100 ml pada jirigen ukuran 2000 ml
- Diinkubasi selama 24 jam
- Diukur nilai OD dengan panjang gelombang 550 nm pada masing masing inokulum
- Dicampurkan keseluruhan inokulum bakteri pada jirigen ukuran 10 liter
- Diinkubasi sekitar 48 jam pada suhu ruang
- Diukur nilai OD dengan menggunakan panjang gelombang 550 nm pada konsorsium bakteri

## Konsorsium bakteri

## c. Persiapan Substrat biogas

## Limbah Cair Tepung ikan

- Dituang limbah dari jirigen ke dalam bak ukuran sedang
- Dijemur limbah cair pada terik matahari sampai limbah mencair

## Substrat siap digunakan

## Lampiran 2 : Tabel Hasil

- a. Nilai OD inokulum bakteri volume 100 ml

<b>Bakteri</b>	<b>OD</b>
<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

- b. Nilai OD inokulum bakteri volume 300 ml

<b>Bakteri</b>	<b>OD</b>
<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

- c. Nilai OD inokulum bakteri volume 2000 ml

<b>Bakteri</b>	<b>OD</b>
<i>Pseudomonas fluorescens</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

- d. Nilai OD konsorsium bakteri

<b>Konsorsium</b>	<b>OD</b>
u1	0.677
u2	0.680
u3	0.672
Rata-rata	0.676

## e. Nilai Volume Biogas

Perlakuan	Hari ke-10	Hari ke-17	Hari ke-24
P1W1 1	0.5	2	2
P1W1 2	75	10	41
P1W1 3	27	10	20
P1W2 1	0.5	30	0
P1W2 2	1	2	2
P1W2 3	0	0	1
P1W3 1	65	13	15
P1W3 2	5	3	6
P1W3 3	11	13	0
P2W1 1	1	6	3
P2W1 2	4	7	5
P2W1 3	25	10	55
P2W2 1	15	15	1
P2W2 2	50	10	17
P2W2 3	6	0	2
P2W3 1	0	10	50
P2W3 2	1	6	7
P2W3 3	2	1	3
P3W1 1	2.5	10	0
P3W1 2	0	2.5	3
P3W1 3	5	3	0
P3W2 1	0	6	1
P3W2 2	0	7	2
P3W2 3	37	5	2
P3W3 1	0	2.5	5
P3W3 2	2	1	0
P3W3 3	0	0	5

f. Nilai Konsentrasi gas metan (CH<sub>4</sub>)

Perlakuan	Hari ke-10	Hari ke-17	Hari ke-24
P1W1 1	66.52	61.5	56.72
P1W1 2	64.7	63.05	58.11
P1W1 3	65.9	62.1	57.82
P1W2 1	68.11	65.11	59.54
P1W2 2	66.92	63.74	61.22
P1W2 3	67.42	66.08	60.34
P1W3 1	65.42	64.8	61.05
P1W3 2	64.9	67.08	63.11
P1W3 3	66.15	66.12	62.08
P2W1 1	68.11	70.12	61.52
P2W1 2	66.9	69.51	63.12

P2W1 3	67.98	71.22	62.46
P2W2 1	67.86	73.42	63.48
P2W2 2	68.15	72.88	65.24
P2W2 3	69.09	73.49	66.7
P2W3 1	66.95	72.9	63.76
P2W3 2	68.14	74.56	66.05
P2W3 3	67.52	73.18	67.14
P3W1 1	69.62	72.44	69.72
P3W1 2	70.12	73.24	70.15
P3W1 3	71.05	71.49	71.24
P3W2 1	72.08	74.11	68.9
P3W2 2	71.86	72.43	70.02
P3W2 3	72.11	75.06	71.06
P3W3 1	70.24	73.8	69.06
P3W3 2	68.52	75.12	71.19
P3W3 3	69.14	72.51	70.35

## g. Nilai pH

Perlakuan	Hari ke-10	Hari ke-17	Hari ke-24
P1W1 1	5.46	5.34	5.08
P1W1 2	5.35	5.48	5.29
P1W1 3	5.33	5.56	5.21
P1W2 1	5.45	5.61	5.37
P1W2 2	5.38	5.5	5.35
P1W2 3	5.39	5.46	5.04
P1W3 1	5.46	5.42	5.24
P1W3 2	5.24	5.61	5.15
P1W3 3	5.33	5.57	5.11
P2W1 1	5.55	5.42	5.13
P2W1 2	5.17	5.59	5.14
P2W1 3	5.45	5.64	5.13
P2W2 1	5.45	5.7	5.13
P2W2 2	5.43	5.12	5.22
P2W2 3	5.34	5.29	5.26
P2W3 1	5.29	5.47	5.08
P2W3 2	5.33	5.36	5.29
P2W3 3	5.31	5.21	5.36
P3W1 1	5.41	5.31	5.24
P3W1 2	5.46	5.2	5.27
P3W1 3	5.42	5.08	5.09
P3W2 1	5.4	5	5.34
P3W2 2	5.35	5.09	5.26
P3W2 3	5.44	5.63	5.25
P3W3 1	5.4	5.54	5.27
P3W3 2	5.41	5.33	5.23
P3W3 3	5.28	5.47	5.26

## h. Nilai Suhu

Perlakuan	Hari ke-10	Hari ke-17	Hari ke-24
P1W1 1	35.5	37.5	41
P1W1 2	35.5	38	40
P1W1 3	35	37.5	40
P1W2 1	35	36.5	38
P1W2 2	37	39	42
P1W2 3	35.5	38	39
P1W3 1	34.5	38	39
P1W3 2	35.5	38	40
P1W3 3	35.5	38	41
P2W1 1	33	36	38
P2W1 2	35.5	37	40
P2W1 3	34.5	37	38
P2W2 1	34	36	43
P2W2 2	35	37	38
P2W2 3	33.5	36	38
P2W3 1	35	39	45
P2W3 2	34	37	39
P2W3 3	35	38	41
P3W1 1	34	39	41
P3W1 2	33	37	40
P3W1 3	34.5	37	38
P3W2 1	35	38	38
P3W2 2	34.5	37	40
P3W2 3	35	38	42
P3W3 1	33	36	41
P3W3 2	34.5	38	43
P3W3 3	33	36	38

Lampiran 3 Hasil Pengolahan Data SPSS *Two Ways Annova*

## 1. Volume Biogas

## Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Volume.Biogas	81	9.4877	15.37530	.00	75.00

## One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Volume.Biogas
N		81
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	9.4877
	Std. Deviation	15.37530
Most Extreme Differences	Absolute	.269
	Positive	.268
	Negative	-.269
Kolmogorov-Smirnov Z		2.417
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000

a. Test distribution is Normal.

Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>

Dependent Variable: Volume.Biogas

F	df1	df2	Sig.
5.899	8	72	.000

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HasilNilaiTransformVol.Bio

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.638 <sup>a</sup>	8	.330	1.028	.423
Intercept	29.102	1	29.102	90.682	.000
Lama_Fermentasi	.176	2	.088	.274	.761
Konsentrasi.Bioatifator	2.139	2	1.070	3.333	.041
Lama_Fermentasi * Konsentrasi.Bioatifator	.324	4	.081	.252	.907
Error	23.106	72	.321		
Total	54.846	81			
Corrected Total	25.745	80			

a. R Squared = .102 (Adjusted R Squared = .003)

### HasilNilaiTransformVol.Bio

Konsentrasi bioaktifator	N	Subset	
		1	2
Duncan <sup>a</sup> Bioaktifator 20%	27	.3718(a)	
Bioaktifator 0%	27		.6856(b)
Bioaktifator 10%	27		.7408(b)
Sig.		1.000	.722

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .321.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27.000.

2. Konsentrasi Gas Metan (CH<sub>4</sub>)

## Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Konsentrasi.GasMetan	81	67.6999	4.37073	56.72	75.12

## One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Konsentrasi. GasMetan
N		81
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	67.6999
	Std. Deviation	4.37073
	Most Extreme Differences	
	Absolute	.062
	Positive	.045
	Negative	-.062
Kolmogorov-Smirnov Z		.560
Asymp. Sig. (2-tailed)		.912

a. Test distribution is Normal.

Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>

Dependent Variable:Konsentrasi.GasMetan

F	df1	df2	Sig.
3.346	8	72	.003

## Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Konsentrasi.GasMetan

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1361.823 <sup>a</sup>	8	170.228	73.638	.000
Intercept	371245.136	1	371245.136	1.606E5	.000
Konsentrasi.Bioatifator	834.824	2	417.412	180.566	.000
Lama_Fermentasi	372.747	2	186.373	80.622	.000
Konsentrasi.Bioaktifator * Lama_Fermentasi	154.252	4	38.563	16.682	.000
Error	166.441	72	2.312		
Total	372773.400	81			
Corrected Total	1528.264	80			

a. R Squared = .891 (Adjusted R Squared = .879)

Hasil Analisa Uji *Duncan* terhadap Konsentrasi gas Metan Berdasarkan Variasi Konsentrasi Bioaktivator.

No	Perlakuan	Konsentrasi Gas Metan	Notasi
1.	Konsentrasi 0%	63,54	A
2.	Konsentrasi 10%	68,2	B
3.	Konsentrasi 20%	71,35	c

Hasil Analisa Uji *Duncan* terhadap Konsentrasi gas Metan Berdasarkan Variasi Lama Fermentasi.

No	Perlakuan	Konsentrasi gas metan	Notasi
1.	24 Hari	64,85	a
2.	10 Hari	68,2	b
3.	17 Hari	70,03	c

#### Konsentrasi gas metan

Duncan

Kelompok	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
K1W3	9	59.9989 (a)					
K2W3	9		64.3856(b)				
K1W2	9		64.3978(b)				
K1W1	9			66.2267(c)			
K2W1	9				67.8556 (d)		
K3W3	9					70.1878(e)	
K3W1	9					70.5267(e)	
K2W2	9						72.3644(f)
K3W2	9						73.3556(f)
Sig.		1.000	.986	1.000	1.000	.638	.171

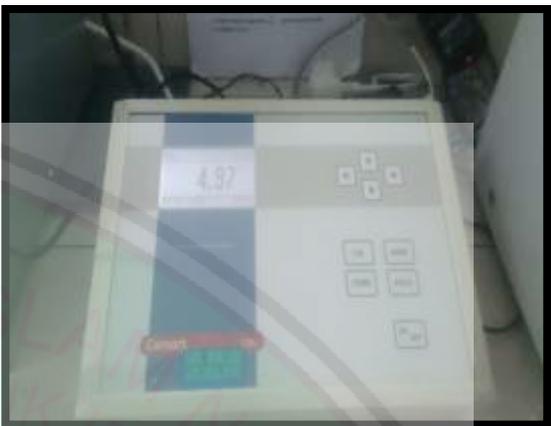
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2.312.

## Lampiran 4 : Gambar Penelitian

Gambar	Gambar
 <p data-bbox="389 891 740 965">Pensterilan reaktor dengan menggunakan alkohol 70%</p>	 <p data-bbox="900 891 1369 927">Penuangan limbah ke reaktor biogas</p>
 <p data-bbox="304 1473 831 1509">Rumen sapi sebagai sumber methanogen</p>	 <p data-bbox="922 1473 1342 1509">Penambahan konsorsium bakteri</p>
 <p data-bbox="379 1957 756 1993">Sampel siap difermentasikan</p>	 <p data-bbox="1023 1957 1241 1993">Penataan reaktor</p>

 <p>Pengukuran Volume biogas dengan menggunakan metode gelas ukur terbalik</p>	 <p>Pengukuran pH dengan menggunakan pH digital</p>
 <p>Pengambilan sampel gas metan</p>	 <p>Wadah sampel gas metan berupa spuit ukuran 5 ml</p>
 <p>Peremajaan isolat bakteri</p>	 <p>Inokulum bakteri pada pengukuran OD dengan volume 100 ml</p>

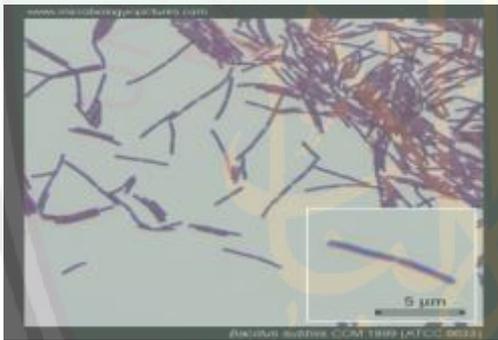
	
<p>Inokulum bakteri pada pengukuran OD volume 300 ml</p>	<p>Inokulum bakteri pada pengukuran OD volume 2000 ml.</p>
	
<p>Pengujian gram dari isolat murni bakteri</p>	<p>Hasil uji Gram pada Bakteri <i>Bacillus licheniformis</i></p>
	
<p>Hasil uji Gram pada bakteri <i>Bacillus subtilis</i>.</p>	<p>Hasil uji Gram pada bakteri <i>Pseudomonas fluorescens</i></p>



Hasil uji Gram pada bakteri  
*Pseudomonas putida*



Hasil uji Gram pada bakteri  
*Cellulomonas* sp.



Hasil Uji Gram *Bacillus subtilis* (Mangaiyarkasi *et al*, 2011)



Hasil Uji Gram *Bacillus licheniformis*  
(Swaathy *et al*, 2014)



Penataan Bioreaktor



Penataan Bioreaktor

Lampiran 5 : Gambar Hasil Pengujian Konsentrasi Gas Metan dari BPKI

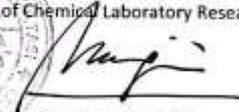
**BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI**  
**LABORATORIUM**  
**PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI**  
**SURABAYA – JAWA TIMUR**

**REPORT**  
Certificate of Analysis

No : 06201/KI/VIII-2016  
Code : Penelitian  
Sample Sender : Mhs,Bio UIN Malang  
Sample Name : Gas Bio  
Test : CH<sub>4</sub>  
Sample Brand : 4  
Sample Identity : Gas tak berwarna  
Sample Accepted : 23 Agust,2016

Chemical laboratory test result is:

Kode	CH <sub>4</sub> ,%	Kode	CH <sub>4</sub> ,%	Kode	CH <sub>4</sub> ,%
P1W1.1.	66,52	P2W1.1.	68,11	P3W1.1.	69,62
2.	64,70	2.	66,90	2.	70,12
3.	65,90	3.	67,98	3.	71,05
P1W2.1.	68,11	P2W2.1.	67,86	P3W2.1.	72,08
2.	66,92	2.	68,15	2.	71,86
3.	67,42	3.	69,02	3.	72,11
P1W3.1.	65,42	P2W3.1.	66,95	P3W3.1.	70,24
2.	64,90	2.	66,14	2.	68,52
3.	66,15	3.	67,52	3.	69,14

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**



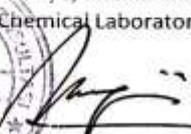
**REPORT**

Certificate of Analysis

No : 06206/KI/VIII-2016  
 Code : Penelitian  
 Sample Sender : Mhs. Dio UIN Malang  
 Sample Name : Gas Bio  
 Test : CH<sub>4</sub>  
 Sample Brand :  
 Sample Identity : Gas tak berwarna  
 Sample Accepted : 26 Agust.2016

Chemical laboratory test result is :

Kode	CH <sub>4</sub> ,%	Kode	CH <sub>4</sub> ,%	Kode	CH <sub>4</sub> ,%
P1W1.1.	61,50	P2W1.1.	70,12	P3W1.1.	72,44
2.	63,05	2.	69,51	2.	73,24
3.	62,10	3.	71,22	3.	71,49
P1W2.1.	65,11	P2W2.1.	73,42	P3W2.1.	74,11
2.	63,74	2.	72,88	2.	72,43
3.	66,08	3.	73,49	3.	75,06
P1W3.1.	64,80	P2W3.1.	72,90	P3W3.1.	73,80
2.	67,08	2.	74,56	2.	75,12
3.	66,12	3.	73,18	3.	72,51

Surabaya, 31 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 : 06217/KI/IX-2016  
 Code : Penelitian  
 Sample Sender : Mhs. Rio HIN Malang  
 Sample Name : Gas Rio  
 Test : CH<sub>4</sub>  
 Sample Brand :  
 Sample Identity : Gas Tak berwarna  
 Sample Accepted : 6 Sept. 2016

Chemical laboratory test result is :

Kode	CH <sub>4</sub> %	Kode	CH <sub>4</sub> %	Kode	CH <sub>4</sub> %
P1W1.1.	56,72	P2W1.1.	61,52	P3W1.1.	69,72
2.	58,11	2.	63,12	2.	70,15
3.	57,82	3.	62,46	3.	71,24
P1W2.1.	59,54	P2W2.1.	63,48	P3W2.1.	68,90
2.	61,22	2.	65,24	2.	70,02
3.	60,34	3.	66,70	3.	71,06
P1W3.1.	61,05	P2W3.1.	63,76	P3W3.1.	69,05
2.	63,11	2.	66,05	2.	71,19
3.	62,03	3.	67,14	3.	70,35



Surabaya, 13 Sept. 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 Malang 65144 Telp./Faks. (0341) 558933  
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: [biologi@uin-malang.ac.id](mailto:biologi@uin-malang.ac.id)

### BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Amin Rosyidah  
NIM : 12620009  
Program Studi : S1 Biologi  
Semester : Ganjil TA.  
Pembimbing : Dr. Hj Ulfah Litami M.Si  
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Konsentrasi Bioaktivator dan Lama Fermentasi terhadap Volume Biogas dan kadar Gas Metana dari Limbah Cair Tepung Ikan.

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	20 Januari 2016	Konsultasi Judul Penelitian	✓
2.	10 Februari 2016	Revisi Judul Penelitian	✓
3.	19 Februari 2016	Konsultasi BAB I (Latar Belakang)	✓
4.	22 Februari 2016	Revisi BAB I	✓
5.	29 Februari 2016	Revisi BAB I	✓
6.	09 Maret 2016	Konsultasi BAB II dan BAB III	✓
7.	5 Mei 2016	Seminar Proposal	✓
8.	9 Juni 2016	Konsultasi BAB IV dan BAB V	✓
9.	26 Oktober 2016	Revisi BAB IV dan BAB V	✓
10.	15 November 2016	Konsultasi BAB III dan BAB IV	✓
11.	29 November 2016	Revisi BAB III dan BAB IV	✓
12.	22 Desember 2016	ACC BAB I, II, III, IV dan V	✓

Pembimbing Skripsi,

  
Dr. Hj Ulfah Litami M.Si  
NIP. 1965 05 05 1989 03 2 002

Malang, 10 Januari 2017  
Ketua Jurusan,

  
Dr. Eyka Sandi Savitri, MP  
NIP. 1974101820031 2 2002



Keteladanan Spiritual, Keagungan Aqliyah, Keunggulan Ilmu, Kesantunan Profesional

