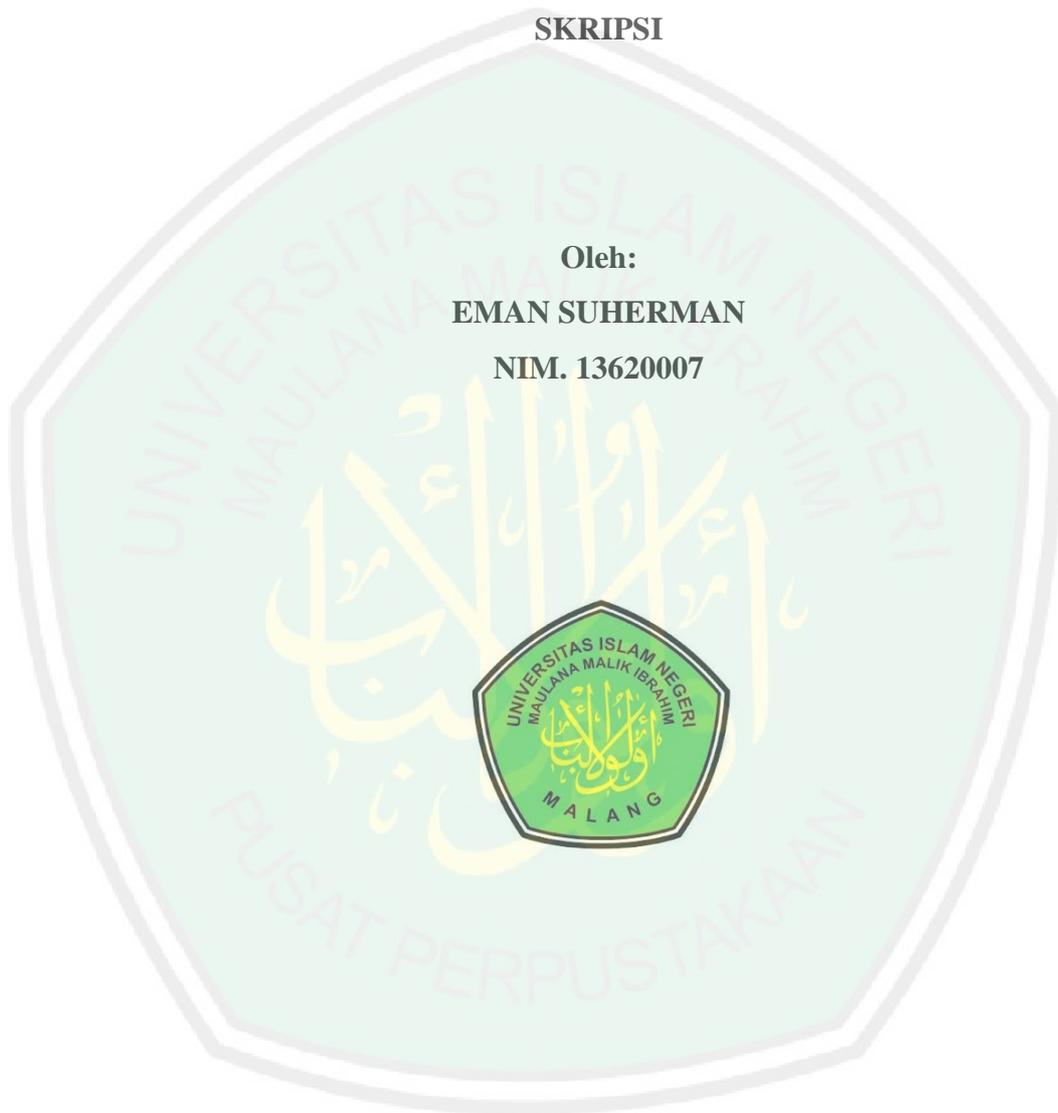


**PENGARUH BERBAGAI JENIS SUBSTRAT LIMBAH BUAH DAN
LAMA FERMENTASI TERHADAP VOLUME DAN KADAR
BIOETANOL**

SKRIPSI

Oleh:
EMAN SUHERMAN
NIM. 13620007

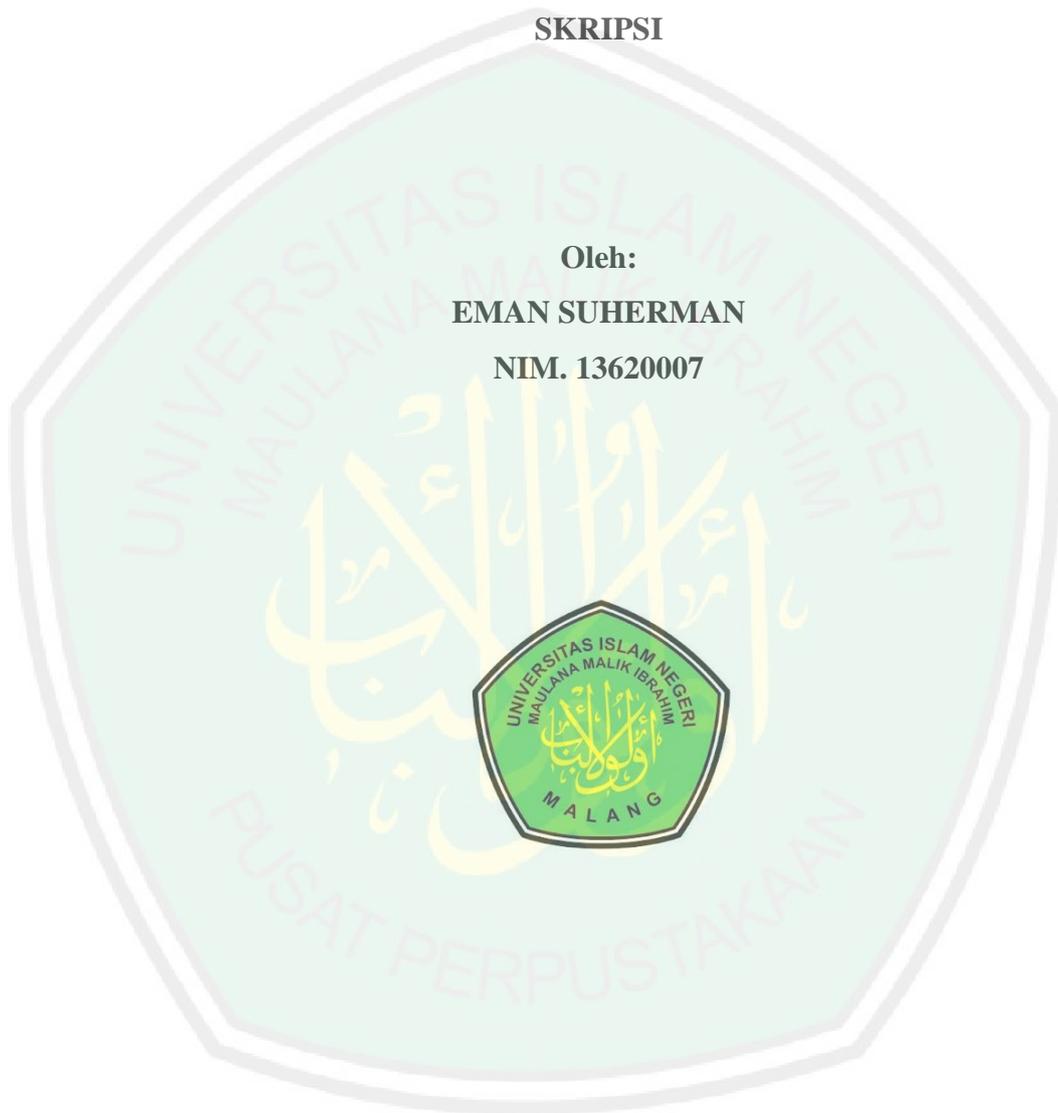


**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

**PENGARUH BERBAGAI JENIS SUBSTRAT LIMBAH BUAH DAN
LAMA FERMENTASI TERHADAP VOLUME DAN KADAR
BIOETANOL**

SKRIPSI

Oleh:
EMAN SUHERMAN
NIM. 13620007



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

**PENGARUH BERBAGAI JENIS SUBSTRAT LIMBAH BUAH DAN
LAMA FERMENTASI TERHADAP VOLUME DAN KADAR
BIOETANOL**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**EMAN SUHERMAN
NIM. 13620007**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

**PENGARUH BERBAGAI JENIS SUBSTRAT LIMBAH BUAH DAN
LAMA FERMENTASI TERHADAP VOLUME DAN KADAR
BIOETANOL**

SKRIPSI

Oleh:
EMAN SUHERMAN
NIM. 13620007

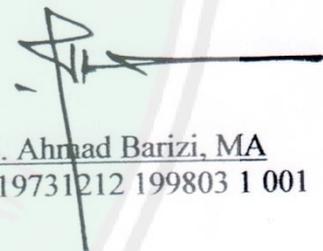
Teah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal, 3 Oktober 2017

Dosen Pembimbing I



Suyono, M.P
NIP. 19710622 200312 1 002

Dosen Pembimbing II



Dr. H. Ahmad Barizi, MA
NIP. 19731212 199803 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi



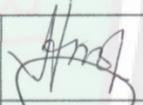
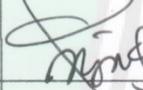
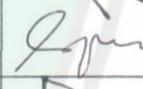
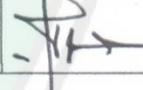

Romadi, M.Si, D.Sc
NIP. 19810201 200901 1 019

**PENGARUH BERBAGAI JENIS SUBSTRAT LIMBAH BUAH DAN
LAMA FERMENTASI TERHADAP VOLUME DAN KADAR
BIOETANOL**

SKRIPSI

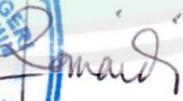
Oleh:
EMAN SUHERMAN
NIM. 13620007

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal, Oktober 2017

PengujiUtama	<u>Ir. Liliek Harianie AR, M.P</u> NIP. 19620901 199803 2 001	
KetuaPenguji	<u>Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc</u> NIDT. 19900428 20160801 2 062	
SekretarisPenguji	<u>Suyono, M.P</u> NIP. 19710622 200312 1 002	
AnggotaPenguji	<u>Dr. H. Ahmad Barizi, M.A</u> NIP.19731212 199803 1 001	

Mengetahui,
KetuaJurusanBiologi




Romaidi, M.Si, D.Sc
NIP. 19810201 200901 1 019

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Eman Suherman
NIM : 13620007
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Berbagai Jenis Substrat Limbah Buah dan Lama Fermentasi terhadap Volume dan Kadar Bioetanol

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 hasil 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, 13 Oktober 2017

Yang membuat pernyataan



Eman Suherman
NIM. 13620007

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾ فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ﴿٧﴾

“karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan

sungguh-sungguh (urusan) yang lain”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Robbil'Alamin puji syukur terhaturkan kehadiran Ilahi Rabbi Sang penguasa semesta alam yang senantiasa melimpahkan nikmat kesehatan dan cahaya ilmu yang membukakan segala pintu kehidupan.

Sholawat serta salam tetap kita limpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW karena beliau telah membawa kita pada jalan kebenaran.

Karya sederhana ini penulis persembahkan kepada:

- ❖ Ayahanda (M. Nasir) dan Ibunda (Syamsurida) yang sangat penulis sayangi, terima kasih tidak terhingga atas kerja keras, motivasi, dan do'anya, sehingga penulis bisa menuntut ilmu dan mampu menyelesaikan karya sederhana ini.
- ❖ Kakakku (Yosri Asmadi) dan Adikku (Selda Monazir) yang selalu memberikan semangat dan do'a, semoga kita menjadi anak-anak sholeh dan sholehah kebanggaan orang tua.
- ❖ Keluarga besar Jurusan Biologi UIN Maliki Malang, khususnya angkatan 2013. Terima kasih atas dukungan kalian, semoga kita semua sukses dunia akhirat. Aamiin
- ❖ Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Bima (HMB) UIN Malang yang telah mengajarkan nilai kekeluargaan dan persaudaraan sesama perantau Ulul Albab, semoga kita semua menjadi putra-putri terbaik Bima. Aamiin
- ❖ Keluarga besar Ilmuan Muda Berkarya kalian luar biasa hebat. Mudah-mudahan apa yang kita "semogakan" segera diijabah Allah SWT. Aamiin
- ❖ Dan semua pihak yang tidak bisa ku sebutkan satu persatu. Terima kasih banyak, semoga Allah membalas semua kebaikan kalian.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah *rabbil'alamiin*, segala puji bagi Allah SWT karena atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul **“Pengaruh Berbagai Jenis Substrat Limbah Buah dan Lama Fermentasi terhadap Volume dan Kadar Bioetanol”** Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan, *Jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Mulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Mulana Malik Ibrahim Malang.
3. Romaidi, M.Si., D.Sc, selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Mulana Malik Ibrahim Malang.
4. Suyono, M.P dan Dr. H. Ahmad Barizi, MA selaku dosen pembimbing utama dan dosen pembimbing agama, karena atas bimbingan, pengarahan dan kesabaran beliau penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si, selaku dosen wali yang telah memberikan saran dan nasehat yang berguna.
6. Segenap Dosen dan Sivitas Akademika Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Mulana Malik Ibrahim Malang.
7. Ayah dan Ibu serta keluarga besar tercinta, yang selalu menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah dan dengan sepenuh hati memberikan dukungan moril maupun materil serta ketulusan do'a sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

8. Laboran dan Staff administrasi Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
9. Keluarga Besar Biologi, khususnya angkatan 2013 terima kasih atas dukungan dan keakraban yang telah terjalin.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan do'a, semangat, dukungan, saran, dan pemikiran sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga Allah memberikan balasan atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Akhir kata, penulis berharap semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi inspirasi bagi peneliti lain serta menambah khasanah ilmu pengetahuan bagi semua elemen masyarakat, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Malang, 8 Oktober 2017

Eman Suherman

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSRTUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المخلص.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Hipotesis	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
1.6 Batasan Masalah.....	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	10
2.1 Energi dalam Perspektif Al-Qur'an.....	10
2.2 Energi dan Kehidupan.....	11
2.3 Energi Terbarukan dari Bahan Bakar Nabati	13
2.4 Buah-buahan Sebagai Bahan Baku Bioetanol.....	14
2.4.1 Buah Pisang	14
2.4.2 Buah Nanas.....	16
2.4.3 Buah Pepaya	17
2.5 Permasalahan Limbah Buah dan Pengolahannya.....	18
2.6 Limbah Buah dalam Perspektif Al-Qur'an	19

2.7	Fermentasi Limbah Buah Pasar untuk Menghasilkan Bioetanol	20
2.8	Pertumbuhan Mikroorganisme dalam Fermentasi	24
2.9	Ragi yang Digunakan dalam Fermentasi Bioetanol	26
2.10	Destilasi Bioetanol	27
2.11	Analisis Kadar Etanol Berdasarkan Nilai Gravitasi Jenis	29
BAB III METODE PENELITIAN		31
3.1	Rancangan Penelitian	31
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.3	Variabel Penelitian	33
3.4	Alat dan Bahan	33
3.4.1	Alat	33
3.4.2	Bahan	33
3.5	Prosedur Penelitian	33
3.5.1	Sterilisasi	33
3.5.2	Blancing	34
3.5.3	Persiapan Bahan Baku Pembuatan Bioetanol	34
3.5.4	Pemberian Perlakuan Lama Fermentasi	34
3.5.5	Destilasi Hasil Fermentasi	35
3.5.6	Analisis Volume dan Kadar Bioetanol dengan Menggunakan Piknometer	34
3.5.7	Analisis Data	36
3.6	Desain Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Pengaruh Jenis Limbah Buah terhadap Volume dan Kadar Bioetanol	37
4.2	Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Volume dan Kadar Bioetanol	41
4.3	Pengaruh Interaksi Jenis Limbah Buah dan Lama Fermentasi terhadap Volume dan Kadar Bioetanol	46
4.4	pH Fermentasi Bioetanol Limbah Buah	46
4.5	Fermentasi Limbah Buah sebagai Bioetanol dalam Perspektif Islam	47
BAB V PENUTUP		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		57

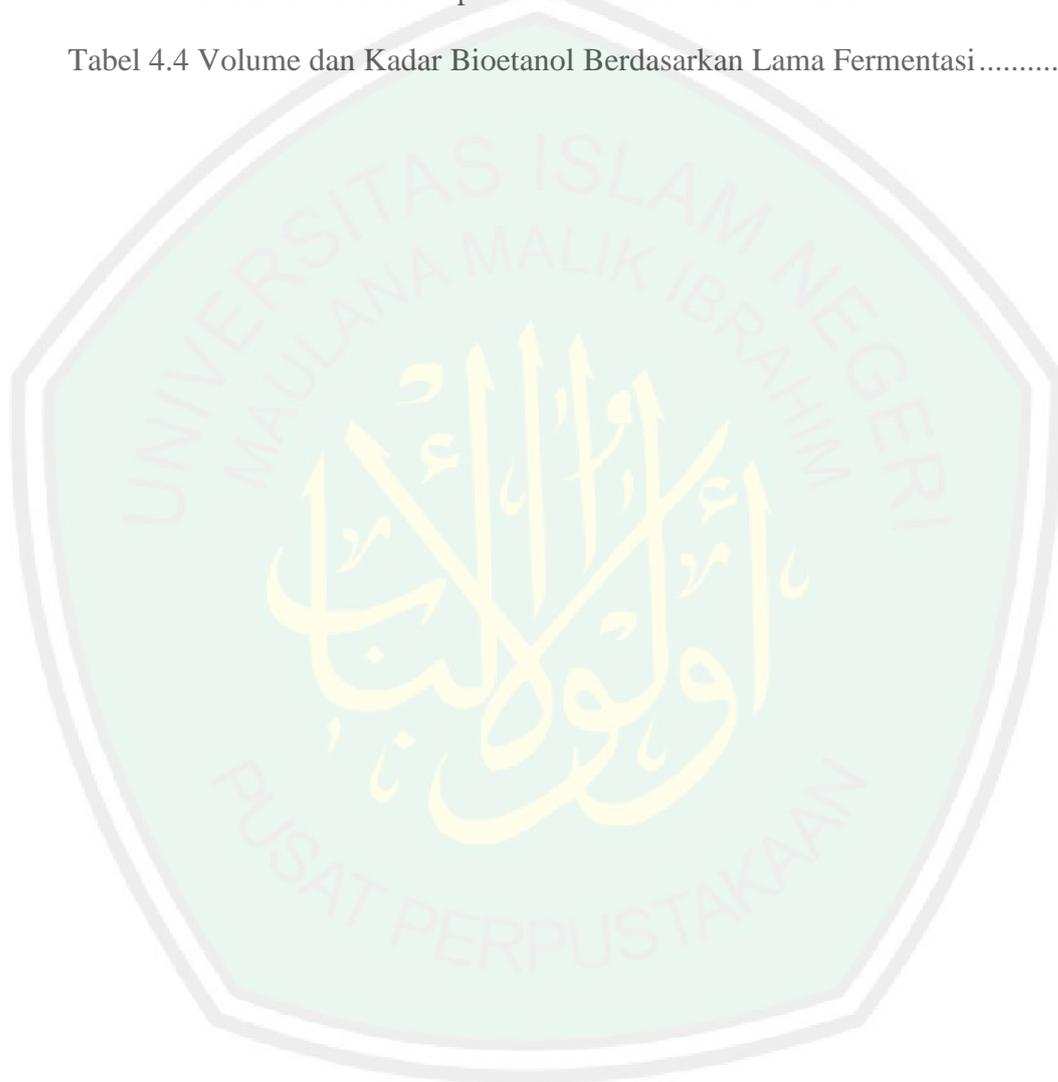
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi Tanaman Pisang	16
Gambar 2.2 Morfologi Tanaman Nanas	16
Gambar 2.3 Morfologi Tanaman Pepaya	17
Gambar 2.4 Perubahan Glukosa Menjadi Etanol Melalui Jalur <i>Embden Mayerhof Parnas</i>	21
Gambar 2.5 Kurva Pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	25
Gambar 4.1 Kurva Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Volume dan Kadar Bioetanol	36



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Ringkasan Hasil Analisis Variansi (ANAVA) pada Pengaruh Jenis Limbah Buah Terhadap Volume dan Kadar Bioetanol	37
Tabel 4.2 Volume dan Kadar Bioetanol Berdasarkan Jenis Limbah Buah	38
Tabel 4.3 Ringkasan Hasil Analisis Varian (ANAVA) pada Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Volume dan Kadar Bioetanol	41
Tabel 4.4 Volume dan Kadar Bioetanol Berdasarkan Lama Fermentasi	41



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Volume Bioetanol

Lampiran 2 Kadar Bioetanol

Lampiran 3 Perhitungan Regresi Korelasi

Lampiran 4 Foto Penelitian



ABSTRAK

Suherman, Eman. 2017. Pengaruh Berbagai Jenis Substrat Limbah Buah dan Lama Fermentasi Terhadap Volume dan Kadar Bioetanol. Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing Biologi : Suyono, M.P. Pembimbing Agama : Dr. Ahmad Barizi, M.A.

Kata Kunci : Substrat Limbah Buah, Lama Fermentasi, *Saccharomyces cerevisiae*

Penggunaan energi di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat sesuai dengan kebutuhan dan aktivitas masyarakat. Saat ini produk energi alternatif yang berpeluang untuk dikembangkan adalah bioetanol. Bioetanol banyak menggunakan limbah organik terutama limbah buah-buahan yang banyak mengandung pati, gula, dan turunannya sehingga sangat potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Bioetanol dihasilkan dari beberapa kelompok khamir salah satunya *Saccharomyces cerevisiae*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi limbah buah pasar sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dan mengetahui waktu fermentasi yang optimal untuk fermentasi bioetanol dari limbah buah.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah jenis substrat limbah buah, faktor kedua adalah lama fermentasi. Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali. Data pengaruh lama fermentasi dan variasi substrat limbah buah terhadap volume dan kadar bioetanol dianalisis dengan menggunakan *Analysis Of Variance* (Anava) dan dilanjutkan dengan analisis Regresi Korelasi, apabila hasil yang didapatkan berpengaruh nyata terhadap parameter.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lama fermentasi yang paling baik dalam menghasilkan volume dan kadar bioetanol yakni pada hari ke-7 dengan rata-rata volume bioetanol sebesar 32,63ml dan kadar bioetanol sebesar 17,95%. Hasil penelitian selanjutnya menunjukkan bahwa jenis substrat limbah buah yang menghasilkan volume dan kadar bioetanol tertinggi yakni pada limbah buah pisang dengan rata-rata volume bioetanol sebesar 27,07ml dan kadar bioetanol sebesar 14,90%. Hasil uji Anava menunjukkan bahwa interaksi antara jenis substrat limbah buah dan lama fermentasi tidak berpengaruh terhadap volume dan kadar bioetanol.

ABSTRACT

Eman, Suherman. 2017. **The influence of the fruit waste variation and the length of fermentation toward the volume and content of bioetanol.** Thesis, Department of biology, Faculty of science and Technology of State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim, Malang. Biology lecture : Suyono, M. P. Religious Lecture: Dr. Ahmad Barizi, M.A.

Keywords: fruit waste substrate, length of fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*

Energy consumption in Indonesia increases for many years in accordance with people's needs and activities. At the time, bioetanol may be developed as a product of alternative energy. It uses a lot of organic wastes especially fruits waste that contains of starch, sugar, and its derivate so the fruits waste have potential to be stapled as bioetanol. Bioetanol is produced by several yeasts, one of them is *Saccharomyces cerevisiae*. The purpose of this research are to discover potential fruits waste as the substance of bioetanol production and to know the optimum fermentation process.

The research uses Randomized Block Design (RBD) factorial pattern that consists of two factors. Both of them are the type of fruits waste substrate and the length of fermentation. Each treatment are repeated twice. The data has analyzed by Analysis of Variance (Anava) and correlation regression analysis if the result obtained is significantly affect the parameters.

The result of this research shows the optimum fermentation for producing volume and the content of bioetanol on the seventh day with the average volume of bioetanol 32,63 ml and bioetanol content of 17,95%. The type of fruits waste substrate which produced the highest volume and content of bioetanol is banana waste with the average volume of bioetanol 27,07 ml and bioetanol content of 14,90%. The data which is analyzed by Anava indicate that the interaction between the length of fermentation and the type of fruits waste substrate did not affect the volume and content of bioetanol.

الملخص

إيمان سوحرمنا، ٢٠١٧. تأثير الاختمر والكيز الاختلاف الطويل الفاكهة الركيزة نفايات إلى حجم ومحتوى الإيثانول الحيوي. البحث الجامعي. قسم علم الحياة، كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف علم الحياة : سويونو الماجستير. الشريف الدين : الدكتور أحمد بارز الماجستير.

الكلمات الأساسية: الاخمير الطويل والفاكهة الركيزة نفايات و *Saccharomyces cerevisiae*

استخدام الحيوية في إندونيسيا سنويا متزايد وفقا لاحتياجات المجتمع وأنشطته. الآن حاصل الضرب الحيوية البديلة التي من المرجح أن يتم تطويرها هو الإيثانول الحيوي. يستخدم الإيثانول الحيوي كثير من النفايات العضوية بخاصة النفايات فواكه التي تحتوي على الكثير من خلاصة وسكر وعنصره لذلك يحتمل جدا لتكون المواد الخام من تصنيع الإيثانول الحيوي. إنتاج الإيثانول الحيوي من بضع مجموعات من خمائر في عداد *Saccharomyces cerevisiae*. يهدف هذا البحث لتعريف احتمال النفاية سوق الفاكهة لتكون المواد الخام من تصنيع الإيثانول الحيوي ولتعريف وقت الاختمر الأمثل لاختمر الإيثانول الحيوي من النفاية الفاكهة.

في هذا البحث يستخدم مجموعة مخطط العشوائية ((Rancangan Acak Kelompok (RAK) نمط عملي الذي يتألف من عاملين. العامل الأول هو نوع الفاكهة الركيزة نفايات والعامل الثاني هو الاخمير الطويل. لكل معاملة تكرار مرتين. البيانات من تأثير الاختمر الطويل وتشكيلة الفاكهة الركيزة نفايات على حجم وطور الإيثانول الحيوي تحليل باستخدام تحليل التباين ((Analysis Of Variance (Anava) واستمر بالتحليل انحدار الارتباط، إذا كانت النتائج التي نتاج عليها لها تأثير حقيقي على معلمة.

نتائج هذا البحث يدل أن الاخمير الطويل جيدا لإنتاج حجم وطور الإيثانول الحيوي هو في يوم السابع بالمتساو حجم وطور الإيثانول الحيوي بـ ٣٢.٦٣ مليلتر وطور الإيثانول الحيوي بـ ١٧.٩٥%. نتائج البحث أخرى يدل أن نوع الفاكهة الركيزة نفايات لإنتاج حجم وطور الإيثانول الحيوي علوي هو النفاية موزة بمتساو حجم الإيثانول الحيوي بـ ٢٧.٠٧ مليلتر وطور الإيثانول الحيوي بـ ١٤.٩٠%. من البيانات التي مكتشف، ثم تحليل باستخدام تحليل التباين ((Analysis Of Variance (Anava). نتائج الاختبار (Anava) يدل أن تعامل بين الاخمير الطويل ونوع الفاكهة الركيزة نفايات لا مؤثر على حجم وطور الإيثانول الحيوي.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat sesuai dengan kebutuhan dan aktivitas masyarakat. Menurut data Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (2016), menyebutkan bahwa penggunaan energi dalam negeri menurut jenisnya selama tahun 2000-2014 masih didominasi oleh BBM (bensin, minyak solar, minyak diesel, minyak tanah, minyak bakar, avtur dan avgas). Pada sektor industri, konsumsi batu bara meningkat pesat dari 36,1 juta SBM (8,59 juta ton) pada tahun 2000 menjadi 220,6 juta SBM (52,53 juta ton) pada tahun 2014 atau meningkat rata-rata 13,8% per tahun. Produksi gas alam periode 2000-2014 meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 2,6% per tahun. Konsumsi LPG juga meningkat tajam dari 8 juta SBM (0,97 juta ton) pada tahun 2000 menjadi 52 juta SBM (6,09 juta ton) pada tahun 2014. Peningkatan konsumsi LPG disebabkan oleh adanya program pemerintah yang mengganti penggunaan minyak tanah untuk memasak di rumah tangga dan usaha kecil dengan LPG.

Tingkat kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 1,4 juta barrel per hari, sementara produksi minyak mentah (MM) nasional hanya sekitar 800 ribu barrel per hari. Maka terjadi kesenjangan antara kebutuhan dengan tingkat produksi BBM dalam negeri. Kesenjangan sebesar 600 ribu barel per hari tersebut selama ini diatasi dengan BBM impor, sedangkan BBM impor mengurangi devisa negara (Hardadi, 2015).

Permasalahan sektor energi di Indonesia saat ini yakni cadangan energi fosil yang semakin berkurang. Di sisi lain, cadangan produksi minyak yang terus menurun dan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) yang terus meningkat akan menyebabkan impor minyak mentah serta BBM terus meningkat. Karena bahan bakar fosil sudah tidak mungkin lagi ditingkatkan produksinya maka diperlukan adanya sumber bahan bakar baru non fosil yang bisa diperbarui.

Penelitian mengenai energi terbarukan sudah banyak dikembangkan, diharapkan menjadi solusi yang tepat untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang ketersediaannya terus berkurang. Saat ini produk energi alternatif yang berpeluang untuk dikembangkan adalah bioetanol dan biodiesel. Etanol merupakan salah satu sumber energi alternatif yang mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya sifat etanol yang dapat diperbaharui, memiliki kandungan oksigen yang tinggi sehingga terbakar lebih sempurna, bernilai oktan lebih tinggi dan ramah lingkungan (Ketut, 2011). Disamping itu substrat untuk produksi bioetanol cukup melimpah di Indonesia.

Bahan baku yang banyak diteliti untuk produksi bioetanol diantaranya adalah singkong, jagung, sorgum dan tetes tebu (molase). Namun bahan tersebut memiliki fungsi utama sebagai bahan pangan, sehingga kurang potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Selain itu bahan yang banyak digunakan adalah molase atau sering disebut tetes tebu merupakan hasil samping dari industri pengolahan gula yang masih mengandung gula cukup tinggi, yaitu sukrosa berkisar 48-55%, sehingga merupakan bahan baku yang potensial untuk pembuatan etanol (Sebayang, 2006). Namun, produksi molase berfluktuasi mengikuti perkembangan produksi gula dalam negeri. Pada tahun 2003 produksi

molase yang dihasilkan dari 58 pabrik gula mencapai 1,4 juta ton, kemudian turun menjadi 1,0 juta ton ditahun 2004, dan naik lagi menjadi 1,3 juta ton pada tahun 2005. Jumlah molase yang digunakan pada tahun 2005 untuk industri etanol sebesar 45,2%, industri MSG (*Mono Sodium Glutamat*) 32,8%, diekspor 16,2% dan keperluan lain 5,8%. Sementara itu, industri MSG juga masih memerlukan impor gula mentah 300.000 ton/tahun untuk menambah bahan baku karena pasokan molase dalam negeri tidak mencukupi (Ketua AGI, 2006). Oleh karena itu perlu dilakukan eksplorasi untuk mendapatkan alternatif bahan baku pembuatan bioetanol selain molase.

Beberapa limbah yang berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol, diantaranya limbah organik seperti sisa pertanian, sampah rumah tangga, limbah agro-industri dan limbah pasar. Pengolahan limbah tersebut dapat dilakukan dengan cara fermentasi menggunakan mikroorganisme untuk menghasilkan bioetanol sebagai bahan bakar. Pemanfaatan limbah pada penelitian ini, sejalan dengan apa yang tertera dalam Al-Qur'an surat Al-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:“(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka.”

Ayat diatas mengandung penjelasan bahwa semua makhluk ciptaan-Nya tidak diciptakan dengan percuma. Allah tidak pernah menciptakan sesuatu di alam semesta ini dengan sia-sia dan tidak mempunyai hikmah yang mendalam dan tujuan tertentu (Shihab, 2005). Semuanya akan bermanfaat jika dikelola dengan

baik. Pemanfaatan limbah buah dan mikroorganisme sebagai bahan pembuatan bioetanol ini menunjukkan bahwa segala sesuatu diciptakan tidaklah sia-sia, baik limbah buah dan mikroorganisme merupakan ciptaan Allah yang harus diperhatikan, difikirkan dan dimanfaatkan agar memperoleh kemaslahatan. Al-Qur'an menerangkan dalam ayat lain tentang keseimbangan alam, agar kita berupaya untuk konservatif terhadap lingkungan yang dijelaskan pada Q.S Ar Ruum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي
عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: “telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”

Ayat di atas menjelaskan bahwa telah terjadi kerusakan di bumi akibat dari kegiatan manusia yang mengeksploitasi sumber daya alam tanpa diimbangi dengan kegiatan konservasi atau melindungi kekayaan alam yang ada. Pengolahan limbah buah dalam penelitian ini merupakan wujud dari konservasi untuk menjaga keseimbangan alam dan kesehatan lingkungan, dengan memanfaatkan limbah buah menjadi produk bahan bakar alternatif dan ramah lingkungan.

Limbah selalu identik dengan bahan sisa yang sengaja dibuang yang membawa dampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan. Masalah limbah menjadi masalah klasik yang sulit dipecahkan diberbagai lingkungan. Berdasarkan Dinas Kebersihan Kota Malang tahun 2013, data jumlah sampah pasar Kota Malang pada tahun 2013 sebesar 44,93ton/hari, kemudian data komposisi sampah organik Kota Malang tahun 2015 terdiri dari sampah dedaunan (32% berat),

makanan (16,2% berat), kertas (17,5% berat), kayu (4,5% berat), dan air (29,8% berat). Dari data tersebut, limbah dedaunan mendominasi total limbah organik kota Malang yang termasuk limbah sayuran dan buah-buahan. Limbah sayuran, buah-buahan dan bahan lain sering dijumpai di pasar-pasar tradisional dalam jumlah yang melimpah. Selama ini pengolahan limbah pasar yang telah dilakukan yakni dengan mengolahnya menjadi biogas dan kompos. Namun, karena jumlah limbah yang melimpah, sehingga membutuhkan waktu yang lama dalam pengolahannya, mengakibatkan terjadi penumpukan limbah ditempat pembuangan akhir limbah. Maka diperlukan alternatif lain untuk mengurangi volume limbah pasar, yaitu dengan fermentasi bioetanol. Beberapa limbah buah yang sering dijumpai di pasar tradisional dan termasuk komoditas buah yang memiliki produktifitas tinggi yakni limbah buah pisang, nanas, dan pepaya. Menurut Nugraha (2008), limbah organik terutama limbah buah-buahan banyak mengandung pati, gula, dan turunannya sehingga sangat potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Bioetanol dihasilkan dari gula melalui proses fermentasi menggunakan beberapa mikroorganisme dari kelompok khamir. Khamir yang baik digunakan untuk menghasilkan bioetanol adalah dari genus *Saccharomyces* yaitu *Saccharomyces cerevisiae* yang menghasilkan enzim zimase dan invertase. Enzim zimase berfungsi sebagai pemecah sukrosa menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa). Enzim invertase selanjutnya mengubah glukosa menjadi etanol (Judoamidjojo dkk, 1992). Faktor yang mempengaruhi produksi etanol dalam fermentasi adalah mikroorganisme dan substrat yang digunakan (Astuti, 1991).

Beberapa penelitian bioetanol yang telah dilakukan dengan menggunakan bahan limbah, yaitu pada penelitian Jhonprimen dkk. (2012) yang memanfaatkan biji durian diperoleh kadar etanol terbesar 24,01%, pada perlakuan waktu fermentasi 3 hari dengan jenis ragi tapai pada tahapan hidrolisis dan rasio berat bahan baku. Selanjutnya pada penelitian Harsono (2014), yaitu fermentasi limbah cair hasil pengolahan basah kopi arabika dengan fermentasi selama 2 hari dan pemberian ragi 80gr, maka didapatkan hasil terbaik dengan konsentrasi bioetanol sebesar 60,43% dengan perlakuan destilasi bertingkat. Pada penelitian tersebut limbah yang digunakan merupakan limbah yang memiliki produktifitas rendah dan tidak tersedia setiap waktu, tetapi harus menunggu musim panen terlebih dahulu. Oleh karena itu pada penelitian ini limbah yang digunakan adalah limbah yang memiliki produktifitas tinggi dan ketersediaannya hampir setiap waktu, yakni limbah buah pasar (buah pisang, nanas, dan pepaya).

Limbah buah-buahan yang berasal dari pasar tradisional dapat dimanfaatkan sebagai sumber gula dalam proses fermentasi bioetanol. Gula atau glukosa dapat difermentasi lebih lanjut menjadi etanol. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan limbah buah untuk dikonversi menjadi sumber energi alternatif, yaitu bioetanol. Bioetanol merupakan produk fermentasi yang dapat dibuat dari substrat yang mengandung karbohidrat (gula, pati atau selulosa) yang dapat diproduksi melalui beberapa cara, yaitu secara kimiawi dengan bahan baku dari bahan bakar fosil atau melalui proses biologi dengan cara fermentasi (Ida, 2009). Produksi bioetanol dengan bantuan mikroba dipengaruhi oleh kadar glukosa sebagai substrat dan kondisi lingkungan proses fermentasi seperti suhu dan pH (Nyoman dkk, 2011).

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan data ilmiah mengenai pemanfaatan limbah buah sebagai bahan pembuatan bioetanol. Untuk itu penelitian ini penting dilakukan, mengingat penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi limbah buah pasar sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dan mengetahui waktu fermentasi yang optimal untuk fermentasi bioetanol dari limbah buah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apakah ada pengaruh perbedaan jenis limbah buah pasar yang difermentasi terhadap volume dan kadar etanol yang dihasilkan ?
2. Apakah ada pengaruh lama fermentasi terhadap volume dan kadar bioetanol dari limbah buah pasar ?
3. Apakah ada pengaruh interaksi jenis limbah buah pasar dan lama fermentasi terhadap volume dan kadar bioetanol ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan:

1. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis limbah buah pasar yang difermentasi terhadap volume dan kadar etanol yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap volume dan kadar bioetanol dari limbah buah.
3. Untuk mengetahui pengaruh interaksi jenis limbah buah pasar dan lama fermentasi terhadap volume dan kadar bioetanol.

1.4 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini sebagai berikut:

1. Ada pengaruh perbedaan substrat buah terhadap volume dan kadar etanol yang dihasilkan.
2. Ada pengaruh lama fermentasi terhadap volume dan kadar bioetanol dari limbah buah.
3. Ada pengaruh interaksi jenis limbah buah pasar dan lama fermentasi terhadap volume dan kadar bioetanol

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat:

1. Memberi informasi dan pengetahuan tentang pemanfaatan limbah buah yang digunakan sebagai bahan pembuatan bioetanol.
2. Mengetahui lama waktu fermentasi yang tepat untuk menghasilkan kadar dan volume bioetanol yang maksimal pada limbah buah
3. Pembuatan bioetanol dari limbah buah dapat memberikan nilai tambah terhadap limbah buah yang sudah tidak layak dikonsumsi, yang berpotensi dikembangkan menjadi bahan alternatif pembuatan bioetanol.

1.6 Batasan Masalah

Penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Pembuatan bioetanol berbahan dari limbah buah pisang, nanas, dan pepaya
2. Limbah buah pisang, nanas, dan pepaya diperoleh dari pasar Blimbing Kota Malang.

3. Limbah buah yang digunakan dalam keadaan busuk dan rusak secara fisik.
4. Tekstur limbah buah lunak, warna permukaan buah gelap dan rasa lebih manis.
5. Ragi roti yang digunakan bermerk “Fermiphan”
6. Penelitian ini dilakukan sampai tahap destilasi, pengukuran volume dan kadar bioetanol yang dihasilkan.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Energi dalam Perspektif Al-Qur'an

Energi merupakan satu diantara kebutuhan setiap makhluk hidup. Energi digunakan untuk memenuhi berbagai aktivitas kehidupan mulai dari tingkatan sel sampai organisme. Sebelum digunakan, energi perlu dirubah kebeberapa bentuk agar sesuai dengan kebutuhan. Berkaitan dengan energi, Allah SWT telah berfirman dalam Q.S. Yaasiin [36]: 80, yang berbunyi:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمْ مِنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنْتُمْ مِنْهُ تُوقِدُونَ

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

Abdul Ghoffar dalam *Tafsirnya Ibnu Katsir* (2004), menyebutkan makna Q.S. Yaasiin ayat 80. Yaitu, Rabb yang memulai penciptaan pohon ini dari air, hingga menjadi hijau indah, berbuah dan berbunga, kemudian Dia mengulanginya hingga menjadi kayu-kayu yang kering untuk membakar api. Seperti itu pula Dia melakukan apa saja yang dikehendaki-Nya dan Mahakuasa atas apa saja yang dikehandaki-Nya, tidak ada satu pun yang mampu mancegah-Nya. Artinya ayat tersebut menjelaskan peristiwa terbentuknya energi (api). Dimana energi tersebut berasal dari timbunan kayu-kayu yang telah mati dan kering kemudian dimanfaatkan sebagai bahan bakar fosil. Ayat di atas juga dapat dipahami sebagai landasan terbentuknya bahan bakar nabati, karena berasal dari tumbuhan, maka produk dari bahan bakar nabati diantaranya adalah bioetanol.

2.2 Energi dan Kehidupan

Semua makhluk hidup membutuhkan energi untuk melakukan aktivitas hidupnya. Energi dihasilkan oleh tubuh dengan membutuhkan berbagai materi yang diambil dari lingkungan. Dalam sistem biologi energi merupakan hasil metabolisme makromolekul karbohidrat, protein, dan lemak. Energi berfungsi sebagai zat tenaga untuk metabolisme, pertumbuhan, pengaturan suhu dan kegiatan fisik. Energi diperoleh dari proses pembongkaran zat makanan di dalam sel yang hidup dengan proses respirasi yang menghasilkan energi dalam bentuk ATP (IOM, 2005).

Ramlawati (2016), menyebutkan bahwa energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Energi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Selain yang terjadi pada sistem biologi seperti di atas, di dunia modern kita menjumpai berbagai mesin yang bekerja dengan sistem yang digerakkan oleh energi. Contohnya kendaraan bermotor, mobil, pesawat, kereta hingga berbagai peralatan pabrik dan rumah tangga. Semua peralatan tersebut bekerja dengan adanya energi yang diberikan dalam bentuk bahan bakar yang dikonversi menjadi energi listrik, energi gerak dan lain-lain. Pada dasarnya energi tidak pernah hilang, tetapi diubah kedalam bentuk energi lain. Dengan konsep tersebut energi dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

Sumber daya energi merupakan kebutuhan pokok dan komponen mutlak ketika ingin membangun sebuah peradaban masyarakat suatu bangsa ataupun dunia saat ini. Keterbatasan sumber daya energi atau ketidakmampuan suatu negara dalam menyediakan sumber daya energi mengakibatkan lemahnya

kemampuan suatu masyarakat atau negara tersebut dalam membangun peradabannya (Boedoyo, 2000).

Manusia dalam kehidupan modern dewasa ini memiliki kebutuhan yang tinggi terhadap energi dan terus meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dan aktivitasnya. Permintaan global terhadap energi telah meningkat 3 kali sejak tahun 1950, hingga sekarang mencapai 10.000 juta ton minyak tiap tahun yang telah digunakan. Menurut Dewan Energi Dunia, pemakaian energi cenderung naik sampai 50% hingga tahun 2020. Sebagian besar energi dihasilkan oleh bahan bakar fosil, batu bara, gas dan terutama minyak yang menjadi sumber energi utama (Walisiewiz, 2003).

Menurut Walisiewiz (2003), pengeluaran energi di negara berkembang terutama Indonesia memiliki prosentase, yaitu sekitar 32% digunakan untuk transportasi, 25% untuk industri, dan lebih dari 40% untuk rumah dan kantor. Penggunaan energi yang terus meningkat menyebabkan dampak pada persoalan sosial - ekonomi masyarakat Indonesia. Jumlah penduduk yang terus meningkat diikuti kebutuhan energi ikut meningkat berakibat pada kenaikan harga energi dan meningkatnya laju inflasi. Kondisi ini diperparah oleh ketersediaan sumber energi di alam yang semakin terbatas.

Sumber energi untuk bahan bakar fosil semakin terbatas dan akan habis. Kebutuhan energi yang berbanding lurus dengan peningkatan *eksponensial populasi* manusia telah menjadi masalah besar dan butuh penyelesaian yang bijak disetiap negara. Pencarian energi alternatif terbarukan harus segera dilakukan (Priananda, 2011).

2.3 Energi Terbarukan dari Bahan Bakar Nabati

Sumber energi di alam ada dua jenis, yaitu sumber energi fosil yang bersifat terbatas dan sumber energi terbarukan. Energi yang berasal dari fosil adalah energi yang kesediaan sumbernya di alam terbatas dan tidak dapat diperbarui. Sumber energi yang berasal dari fosil adalah batu bara, minyak bumi dan gas alam. Energi terbarukan adalah energi yang diekstrak dari makhluk hidup baik nabati atau hewani melalui pemanfaatan langsung maupun proses fermentasi dengan jasa mikroorganisme. Energi yang terbarukan diantaranya adalah biodiesel dan bioetanol (Walisiewiz, 2003).

Bioetanol merupakan salah satu *biofuel* atau bahan bakar nabati (BBN) sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya terbarukan. Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan yang memiliki keunggulan karena mampu menurunkan emisi CO₂ hingga 18%, dibandingkan dengan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah (Komarayati dan Gusmailina, 2010).

Beberapa negara seperti Brasil, Amerika Serikat, Kanada dan Australia telah menggunakan bioetanol sebagai bahan bakar untuk transportasi. Brasil merupakan negara terbesar yang memproduksi dan mengonsumsi bioetanol sebagai bahan bakar. Program produksi bioetanol dimulai pada tahun 1975 dan pada tahun 1999 kapasitas produksinya mencapai 17 miliar liter/tahun dari 101 pabrik bioetanol (Zanin *et al.* 2000). Amerika Serikat merupakan negara terbesar kedua setelah Brasil yang memproduksi bioetanol. Kapasitas produksi bioetanol Amerika Serikat tumbuh 9% pada tahun 2002 sampai 2003, dari 10,4 milyar liter menjadi 11,4 milyar liter/tahun (MacDonald *et al.* 2003).

Bioetanol dapat diproduksi dari bahan yang mengandung glukosa, amilum, dan selulosa. Konversi gula-gula sederhana menjadi etanol cukup mudah, sedangkan untuk bahan yang mengandung pati dan selulosa lebih sulit (Gunam, 2011). Etanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia yang berasal dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme, karena pembuatannya melibatkan proses biologis, produk etanol yang dihasilkan diberi nama bioetanol (Yudiarto, 2008). Etanol sering juga disebut etil alkohol yakni alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Etanol dapat diproduksi secara fermentasi dari bahan baku yang mengandung gula atau secara sintesis dapat juga diproduksi dari turunan minyak bumi (Ketut, 2011).

Raposo (2009), menyatakan bahwa bioetanol tidak saja menjadi alternatif yang sangat menarik untuk substitusi bensin dan mampu menurunkan emisi CO_2 . Pembakaran bioetanol akan melepaskan emisi CO_2 yang rendah. Emisi CO_2 yang rendah ini akan masuk kembali ke dalam siklus energi setelah diserap oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis.

Lubad dan Widiastuti (2010), menambahkan bahwa bioetanol adalah bahan bakar yang dapat diperbarui (*renewable*) dan dapat diproduksi dari berbagai jenis tumbuhan seperti singkong, tebu dan lain-lain. Selain itu dapat juga diproduksi dari produk samping agroindustri atau hasil proses ulang dari berbagai limbah.

2.4 Buah-buahan Sebagai Bahan Baku Bioetanol

2.4.1 Buah Pisang

Pisang (*Musa paradisiaca*) adalah salah satu contoh spesies dari subclassis Zingiberidae family Musaceae. Spesies ini memiliki habitus herba dengan pola

percabangan monopodial serta segi penampang batangnya bulat tegak, pisang berbatang sejati berupa umbi batang yang berada didalam tanah, dan memiliki titik tumbuh (mata tunas) yang akan menghasilkan daun dan bunga pisang (Tjitrosoepomo, 2009).

Menurut Ambarita (2015), buah pisang mengandung gizi cukup tinggi, kolesterol rendah serta vitamin B6 dan vitamin C tinggi. Zat gizi terbesar pada buah pisang masak adalah kalium sebesar 373mg per 100gr pisang, vitamin A 250-335gr per 100gr pisang dan kalor sebesar 125mg per 100gr pisang. Pisang juga merupakan sumber karbohidrat, vitamin A dan C, serta mineral. Komponen karbohidrat terbesar pada buah pisang adalah pati pada daging buahnya, dan akan diubah menjadi sukrosa, glukosa dan fruktosa pada saat pisang matang. Kedudukan tanaman pisang dalam sistematika tumbuh-tumbuhan diklasifikasikan ke dalam (Cronquist, 1981):

Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Zingiberiales
 Famili : Musaceae
 Genus : Musa
 Spesies : *Musa paradisiaca*.



Gambar 2.1 Morfologi Buah Pisang (Ashari, 1995)

2.4.2 Buah Nanas

Nanas tergolong tanaman CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*). Morfologi tanaman nanas ini adalah terdiri dari batang, daun, akar, bunga, buah dan mahkota (Dasuki, 1991). Buah nanas mengandung 43,54% air, 20,87% serat kasar, 17,53% karbohidrat, 4,41% protein, dan 13,65% gula reduksi (Wijana dkk., 1991). Kedudukan tanaman nanas dalam sistematika tumbuh-tumbuhan diklasifikasikan ke dalam (Cronquist, 1981):

Kingdom : Plantae
 Divisi : Spermatophyta
 Kelas : Angiospermae
 Ordo : Bromeliales
 Famili : Bromeliaceae
 Genus : Ananas
 Species : *Ananas comosus*.



Gambar 2.2 Morfologi Buah Nanas (Steeins, 2006)

2.4.3 Buah Pepaya

Pepaya adalah tanaman buah yang berasal dari Amerika Tengah, tumbuh pada tanah lembap yang subur dan tidak tergenang air, dapat ditemukan di dataran rendah sampai ketinggian 1000m dpl. Buah ini dapat berbuah sepanjang tahun dimulai umur 6 – 7 bulan dan mulai berkurang setelah berumur 4 tahun (Wijayakusuma dan Dalimartha, 2006). Kandungan buah pepaya masak untuk tiap 100gr buah terdiri dari; vitamin C 78mg, vitamin A 365SI vitamin B1 0,04mg, kalsium 23mg, fosfor 12mg, besi 1,7mg, protein 0,5mg air 86,7gr, hidrat arang 12,2gr, dan kalori 46kal (Kumalaningsih, 2006). Kedudukan tanaman pepaya dalam sistematika tumbuh-tumbuhan diklasifikasikan ke dalam (Rukmana, 1995):

Divisio : Magnoliophyta
 Classis : Magnoliopsida
 Sub Classis : Dilleniidae
 Ordo : Violales
 Familia : Caricaceae
 Genus : *Carica*
 Species : *Carica papaya* L.



Gambar 2.3 Morfologi Buah Pepaya (Budiyanti, 2016)

2.5 Permasalahan Limbah Buah dan Pengolahannya

Limbah atau sampah (*refuse*) adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi, atau sesuatu yang harus dibuang, yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia (termasuk kegiatan industri), tetapi bukan biologis (karena *human waste* tidak termasuk didalamnya) dan umumnya bersifat padat (Setyorini, 2005). Sumber limbah bisa bermacam-macam, diantaranya adalah dari rumah tangga, pasar, warung, kantor, bangunan umum, industri dan jalan. Perkembangan dan pertumbuhan penduduk yang pesat di daerah perkotaan mengakibatkan daerah pemukiman semakin luas dan padat. Peningkatan aktivitas manusia, lebih lanjut menyebabkan bertambahnya limbah. Faktor yang mempengaruhi jumlah limbah adalah jumlah penduduk, dengan segala aktivitasnya, sistem pengelolaan limbah, keadaan geografi, musim dan waktu, kebiasaan penduduk, teknologi serta tingkat sosial ekonomi (Depkes RI, 1987).

Total limbah organik kota Jakarta, sekitar 60 % merupakan sayur-sayuran dan 40 % merupakan daun-daunan, kulit buah-buahan dan sisa makanan (Pramono, 2004). Karakteristik limbah buah pasar yakni memiliki tekstur daging buah yang lunak, warna permukaan kulit yang gelap, dan aroma yang menyengat. Nugraha (2008) menambahkan bahwa limbah organik terutama limbah sayuran dan buah-buahan banyak mengandung pati, gula dan hemiselulosa. Beberapa limbah buah memiliki kandungan gula dan produktivitas yang melimpah diantaranya nanas, pisang dan pepaya. Nanas mengandung gula yang cukup tinggi berdasarkan penelitian Wijana (1991), bahwa kulit nanas mengandung 13,65% gula reduksi. Selain itu, Andriani *et al.*, (2013) menambahkan bahwa kandungan

gula pada limbah buah nanas sebesar 39,14 g/L dalam pemanfaatan limbah buah nanas sebagai media pertumbuhan *Xanthophyllomyces dendrorhous* untuk produksi lipid. Satuhu dan Supriyadi (2000), menyatakan bahwa buah pisang memiliki kandungan gula yang tinggi yakni sebesar 19% dan pada penelitian Retno dan Nuri (2011), dengan kadar karbohidrat 18,50% pada kulit pisang sudah berpotensi menghasilkan bioetanol.

Berdasarkan uraian tersebut, maka upaya pengolahan limbah organik terutama limbah buah dapat diatasi dengan mengolahnya menjadi sumber energi alternatif. Karena limbah buah yang selama ini dibuang, ternyata memiliki komposisi nutrisi yang potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Oleh karena itu diperlukan sistem pengolahan limbah organik melalui fermentasi alkohol sehingga menghasilkan bioetanol dan sisa fermentasi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kompos. Sistem pengolahan limbah seperti ini akan mengurangi volume pembuangan limbah.

2.6 Limbah Buah dalam Persektif Al-Qur'an

Limbah buah merupakan satu diantara jenis limbah yang mempunyai potensi sebagai substrat pada pembuatan energi terbarukan bioethanol. Selain itu limbah buah memiliki jumlah yang melimpah dan belum termanfaatkan, sehingga harus dikelola dengan baik agar tidak sia-sia. Allah telah berfirman dalam Q.S Shaad ayat 27, yang berbunyi:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَطْلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا ۚ فَوَيْلٌ
لِّلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ ﴿٢٧﴾

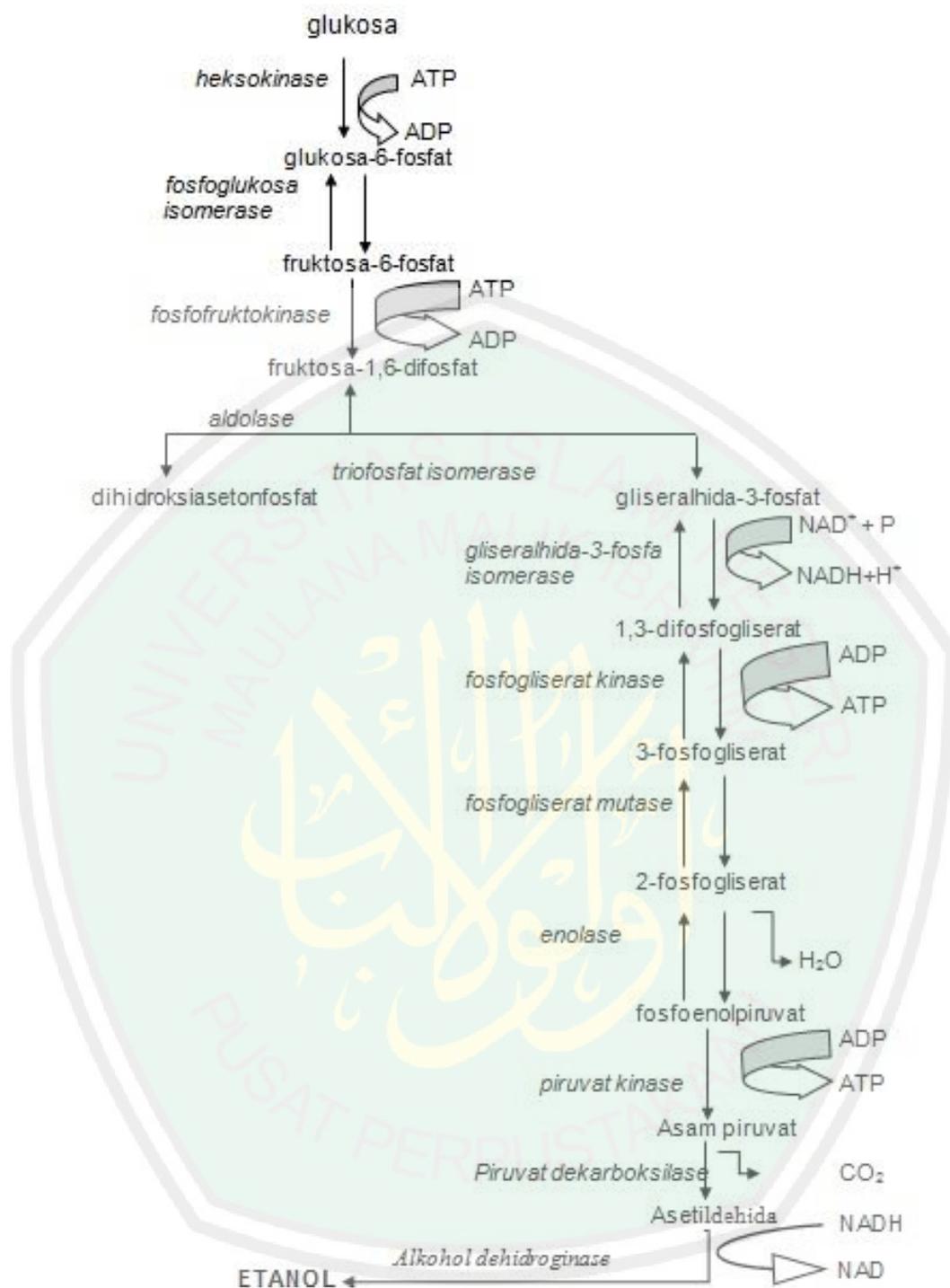
Artinya: “Dan tidaklah kami menciptakan langit dan bumi beserta isinya dengan sia-sia. Itu adalah anggapan orang-orang kafir, Maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka.”

Menurut Jalaludin (2010), dalam *Tafsir Jalalain*, makna (بَطْلاً) “sia-sia”.

Jadi maksud kalimat diatas, Allah SWT tidak akan menurunkan sesuatu di bumi ini dengan sia-sia seperti halnya limbah buah. Limbah buah akan bermanfaat jika dikelola dengan baik, salah satunya adalah dimanfaatkan sebagai energi alternatif yaitu bioetanol.

2.7 Fermentasi Limbah Buah Pasar untuk Menghasilkan Bioetanol

Permasalahan limbah menjadi masalah klasik terutama limbah buah di pasar. Maka satu diantara solusi pengolahannya adalah dengan cara fermentasi untuk menghasilkan produk bioetanol. Fermentasi alkohol atau alkoholisasi adalah proses perubahan gula menjadi alkohol dan CO₂ oleh mikroba, terutama oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae* (Fardiaz, 1996). Jalur metabolisme karbohidrat yang pernah diselidiki adalah sistem fermentasi etanol oleh khamir. Salah satu jenis khamir yang produktif dan sering digunakan ialah *Saccharomyces cerevisiae*. Dalam fermentasi ini glukosa didegradasi menjadi etanol dan CO₂ melalui suatu jalur metabolisme yang disebut glikolisis, jalur glikolisis disebut juga sebagai jalur *Embden Mayerhof Parnas* (Berry, 1988). Secara keseluruhan mekanisme utama fermentasi etanol melalui jalur *Embden Mayerhof Parnas* disajikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.4 Perubahan glukosa menjadi etanol melalui jalur *Embden Mayerhof Parnas* (Poedjiadi, 2012)

Reaksi biokimia di atas merupakan proses perubahan glukosa maupun fruktosa sehingga dihasilkan etanol yang dilakukan oleh khamir *Saccaromyces cerevisiae*. Menurut Poedjiadi (2012), terbentuk etanol tersebut melalui jalur

Embden Meyerhof Parnas (EMP), reaksinya yaitu glukosa difosforilasi oleh ATP mula-mula menjadi D-glukosa-6 fosfat, kemudian mengalami isomerasi berubah menjadi D-fruktosa-6 fosfat dan difosforilasi lagi oleh ATP menjadi D-fruktosa-1, 6 difosfat. D-fruktosa-1, 6 difosfat dipecah menjadi satu molekul D-gliseraldehid-3 fosfat dan satu molekul dehidroksi aseton fosfat. Dihidroksi aseton fosfat disederhanakan menjadi L-gliserol-3 fosfat oleh NADH_2 . ATP melepaskan satu molekul fosfat yang diterima oleh gliseraldehid-3 fosfat yang kemudian menjadi D-1, 3 difosfogliserat dan ADP. D-1, 3 difosfogliserat melepaskan energi fosfat yang tinggi ke ADP untuk membentuk D-3 fosfogliserat dan ATP. D-3 fosfogliserat berada dalam keseimbangan dengan D-2 fosfogliserat. D-2 fosfogliserat membebaskan air untuk menghasilkan fosfoenol piruvat. ATP menggeser rantai fosfat yang kaya energi dari fosfoenolpiruvat untuk menghasilkan piruvat dan ATP. Piruvat didekarboksilasi menghasilkan asetaldehid dan CO_2 . Akhirnya asetaldehid menerima hidrogen dari NADH_2 menghasilkan etanol.

Fermentasi etanol adalah proses metabolisme glukosa pada khamir (ragi) tertentu yang terjadi secara anaerob sehingga dapat mengubah glukosa menjadi etanol. Penggunaan ragi *Saccharomyces cerevisiae* banyak digunakan untuk meningkatkan hasil produksi bioetanol dari gula karena tidak membutuhkan sinar matahari dalam pertumbuhan (Fardiaz, 1996). *Saccharomyces cerevisiae* dalam bentuk ragi dapat langsung digunakan sebagai inokulum pada kultivasi etanol sehingga tidak diperlukan penyiapan inokulum secara khusus (Salsabila, 2013).

Saccharomyces cerevisiae merupakan mikroorganisme yang paling banyak digunakan pada fermentasi alkohol karena dapat berproduksi tinggi, tahan

terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan aktivitasnya pada suhu 4-32°C (Kartika, 1992).

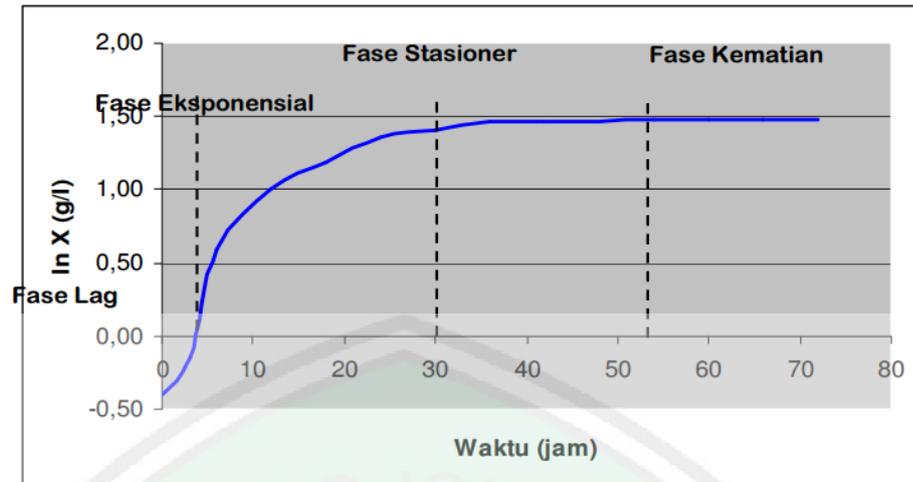
Kusuma (2010), menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi etanol diantaranya adalah jenis substrat dan lama fermentasi. Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait faktor jenis substrat dan lama fermentasi pada penelitian bioetanol, yaitu pada penelitian Seftian (2012), pembuatan bioetanol menggunakan substrat kulit pisang didapatkan hasil terbaik pada waktu fermentasi selama 5 hari dan menghasilkan kadar etanol sebesar 13,1154%. Penelitian Azizah (2012), dengan menggunakan substrat kulit nanas didapatkan hasil terbaik pada waktu fermentasi selama 36 jam dengan kadar etanol sebesar 2,25%. Jhonprimen (2012), melakukan penelitian menggunakan substrat biji durian, didapatkan hasil terbaik pada waktu fermentasi 3 hari dengan kadar etanol sebesar 24,01%. Pada penelitian Hapsari (2013), substrat yang digunakan adalah singkong karet (*Manihot glaziovii*), didapatkan hasil terbaik pada waktu fermentasi 168 jam dengan kadar etanol sebesar 35%. Penelitian Paputungan (2013), menggunakan substrat limbah buah nanas, didapatkan hasil terbaik pada waktu fermentasi 3 hari dengan kadar etanol sebesar 47%. Pada penelitian Nasrun (2015), substrat yang digunakan adalah kulit pepaya, didapatkan hasil terbaik pada waktu fermentasi 4 hari dan dihasilkan kadar etanol sebesar 6,234%.

Menurut Prescott dan Dunn (1959), waktu fermentasi merupakan faktor terpenting dalam proses fermentasi etanol. Astuty (1991), menambahkan bahwa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jumlah etanol yang dihasilkan dari fermentasi adalah mikroorganisme dan substrat yang digunakan, adanya

komponen media yang dapat menghambat pertumbuhan serta kemampuan fermentasi mikroorganisme dan kondisi selama fermentasi.

2.8 Pertumbuhan Mikroorganisme dalam Fermentasi

Gandjar (2006), menyatakan bahwa setiap mikroorganisme mempunyai kurva pertumbuhan. Kurva pertumbuhan mikroorganismenya mempunyai beberapa fase, yakni fase lag (adaptif) merupakan fase penyesuaian sel-sel dengan lingkungan, pembentukan enzim-enzim untuk mengurai substrat. Fase akselerasi yaitu fase mulainya sel-sel membelah dan fase lag menjadi fase aktif. Fase eksponensial merupakan fase perbanyak jumlah sel, aktivitas sel sangat meningkat dan fase ini merupakan fase yang penting dalam kehidupan. Fase deselerasi dimana fase waktu sel-sel mulai kurang aktif membelah. Fase stasioner, Pada fase ini jumlah sel yang bertambah dan jumlah sel yang mati relatif seimbang. Terakhir fase kematian dipercepat dimana jumlah sel-sel yang mati atau tidak aktif lebih banyak dari jumlah sel-sel yang masih hidup. Fase pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.5. Kurva pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* (Rehm dan Reed, 1983)

Mengacu pada penelitian yang telah dilakukan terkait uraian pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* di atas, Nasrun (2015), dalam penelitiannya menyatakan bahwa aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* pada fermentasi dengan waktu 3 hari, 4 hari dan 5 hari, berdasarkan massa ragi yang diberikan. Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* optimal pada hari ke-4 dengan massa ragi sebanyak 15gr, yang ditandai dengan hasil kadar etanol tertinggi 6,234%. Diduga pada penelitian tersebut, fase eksponensial terjadi pada hari ke-4. Selanjutnya penelitian Hapsari (2013), menyebutkan bahwa pembuatan bioetanol dari substrat singkong karet, pada fermentasi 168 jam dihasilkan kadar etanol tertinggi yakni 35%. Hal ini disebabkan pada waktu 168 jam *Saccharomyces cerevisiae* memiliki aktivitas yang baik yaitu berada pada fase eksponensial, dibandingkan dengan waktu fermentasi 192 jam *Saccharomyces cerevisiae* mengalami penurunan pertumbuhan sehingga kadar etanol yang dihasilkan lebih rendah dari sebelumnya. Kemudian pada penelitian Andaka (2010), pembuatan bioetanol dari limbah kulit nenas, waktu pertumbuhan ragi yang paling optimum dari variasi hari 1,2,3,4,5,6,7 dan 8 adalah pada hari ke-6, dibuktikan dengan kadar etanol yang diperoleh sebesar 35,21%. Hal ini menunjukkan pada hari ke-6 pertumbuhan ragi

mengalami fase eksponensial, dan pada hari ke-7 dan ke-8 kadar etanol semakin menurun sejalan dengan pertumbuhan ragi yang mengalami penurunan hingga fase kematian.

2.9 Ragi yang Digunakan dalam Fermentasi Bioetanol

Ragi biasanya mengandung mikroorganisme yang melakukan fermentasi dan media biakan bagi ragi tersebut. Media biakan ini dapat berbentuk butiran butiran kecil atau cairan nutrien. Ragi umumnya digunakan dalam industri makanan dan minuman seperti roti, tempe, bir dan lain-lain. Mikroorganisme yang digunakan dalam ragi umumnya terdiri dari berbagai bakteri dan fungi (khamir dan kapang), yaitu *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Amylomyces*, *Endomycopsis*, *Sacharomyces*, *Hansenula* anomali, dan lain sebagainya.

Ada tiga jenis ragi yang umum dikenal yaitu ragi roti, ragi tape dan ragi tempe. Ragi roti dan ragi tape mengandung jenis mikroba yang sama yaitu *Sacharomyces cerevisiae*, sedangkan ragi tempe adalah jenis *Rhizopus*. Dwidjoseputro and Wolf (1970), merupakan salah satu peneliti pertama yang berusaha mengidentifikasi mikroorganisme dari ragi tape dan berhasil mengidentifikasi dua spesies khamir yaitu *Candida lactosa* dan *Pichia malang*. Djien (1972), adalah peneliti lain yang berhasil mengidentifikasi kapang *Chlamydomucor oryzae*, lima spesies dari genus *Mucor* dan satu spesies *Rhizopus*, serta khamir *Pichia burtonii* dan *Endomycopsis fibuliger* dari ragi tape.

Ragi mengandung enzim *zimase* yang bertindak sebagai katalis untuk mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Fruktosa dan glukosa kemudian bereaksi dengan enzim *invertase* yang mengubahnya menjadi alkohol (etanol) dan karbondioksida dengan proses fermentasi. Proses fermentasi berlangsung selama

3-7 hari dan berlangsung pada temperatur 25-30 °C (Prescott dan Dunn, 1959). Pada awal fermentasi masih diperlukan oksigen untuk pertumbuhan dan perkembangan *Saccharomyces cerevisiae*, tetapi kemudian tidak dibutuhkan lagi karena kondisi proses yang diperlukan adalah anaerob (Hidayat, 2006).

Saccharomyces cerevisiae dapat diperoleh dari ragi roti. Ragi roti mengandung *Saccharomyces cerevisiae* yang telah mengalami seleksi, mutasi atau hibridasi untuk meningkatkan kemampuannya dalam memfermentasi gula dengan baik (Pelczar dan Chan, 2013). *Saccharomyces cerevisiae* dalam bentuk ragi dapat langsung digunakan sebagai inokulum pada produksi etanol sehingga tidak diperlukan penyiapan inokulum secara khusus (Salsabila, 2015).

Klasifikasi ilmiah dari *Saccharomyces cerevisiae* menurut Rehm dan Reed (1983), sebagai berikut:

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Eumicotina
Kelas	: Hemiaseomycetes
Ordo	: Endomycetales
Famili	: Saccharomycetaceae
Genus	: <i>Saccharomyces</i>
Spesies	: <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .

2.10 Destilasi Bioetanol

Destilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan larutan berdasarkan perbedaan titik didih. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu

(Seftian dkk., 2012). Wonorahardjo (2013), menyatakan bahawa prinsip utama metode distilasi bekerja berdasarkan perbedaan titik didih dari masing-masing senyawa komponen campuran pada tekanan tetap. Perbedaan titik didih ini menyebabkan perbedaan volatilitas pada komponen campuran dan merupakan sifat intrinsik dari senyawa penyusun campuran. Perbedaan ini sangat potensial untuk dijadikan sarana pemisahan asalkan tekanan dibuat tetap.

Distilasi berarti memisahkan komponen-komponen yang mudah menguap dari suatu campuran cair dengan cara menguapkannya, uap yang dikeluarkan dari campuran tersebut disebut uap bebas yang mengalir melalui kondensor, cairan yang keluar dari kondensor disebut destilat sedangkan cairan tidak menguap disebut residu (Jhonprimen dkk., 2012). Proses distilasi berlangsung jika campuran dipanaskan dan sebagian komponen volatil menguap naik dan didinginkan sampai mengembun di dinding kondensor. Destilat ini ditampung di sebuah tempat baru (Wonorahardjo, 2013).

Proses distilasi dijalankan dengan bantuan beberapa peralatan yang khusus dirancang untuk itu. Pada prinsipnya campuran yang akan didistilasi atau dimurnikan berada di labu distilasi. Adapun labu distilasi dipanaskan dengan pemanas elektrik yang mempunyai pengatur suhu secara otomatis. Adapun uap yang dihasilkan pada pemanasan akan dialirkan langsung ke kondensor yang merupakan unit pendingin uap sehingga terjadi kondensasi. Kondensor terdiri dari dua buah pipa, di antaranya pipa dalam dan pipa luar terdapat air yang selalu berganti secara *kontinu* sehingga temperatur stabil. Kondensor didinginkan dengan air yang masuk dari kran air melalui pipa dan dikeluarkan lagi lewat lubang ke bak penampungan. Sebelum melalui kondensor kadang-kadang

diperlukan kolom destilasi yang panjang dan bentuknya bisa diatur. Kolom destilasi ini pada skala laboratorium dilengkapi termometer untuk menjaga kestabilan temperatur supaya arus uap tidak terlalu deras dan dapat dikondensasikan semua di kondensor. Jika tekanan uap terlalu tinggi ada kemungkinan uap menerobos keluar dan hilang dari sistem. Uap yang mengembun pada kondensor (posisi miring, supaya tetesan embun dapat turun dengan bebas) akan ditampung di labu melalui adaptor, bisa juga dilengkapi kran (Wonorahardjo, 2013).

2.11 Analisis Kadar Etanol Berdasarkan Nilai Gravitasi Jenis

Gravitasi jenis (*specific gravity/SG*) suatu zat cair didefinisikan sebagai perbandingan kerapatan zat cair tersebut dengan kerapatan air pada sebuah temperatur tertentu. Biasanya temperatur tersebut adalah 4°C, dan pada temperatur ini kerapatan air adalah 1000 kg/m³. Dalam bentuk persamaan, gravitasi jenis dinyatakan sebagai (Munson dkk., 2003):

$$SG = \frac{\rho \text{ larutan}}{\rho \text{ air @ 4 derajat celcius}}$$

Kerapatan (*density*) dilambangkan sebagai ρ suatu zat cair adalah ukuran untuk konsentrasi zat cair tersebut dan dinyatakan dalam massa per satuan volume. Sifat ini ditentukan dengan cara menghitung nisbah (*ratio*) massa zat yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut (Olson dan Wright, 1993). Nilai kerapatan dapat bervariasi cukup besar di antara zat cair yang berbeda, namun untuk zat-zat cair, variasi tekanan dan temperatur umumnya hanya memberikan pengaruh kecil terhadap nilai ρ (Munson dkk., 2003). Kerapatan semua zat cair bergantung pada temperatur serta tekanan

sehingga temperatur zat cair serta temperatur air yang dijadikan acuan harus dinyatakan untuk mendapatkan harga-harga gravitasi jenis yang tepat (Olson dan Wright, 1993)

Kadar etanol yang ada dalam sampel larutan yang mengandung etanol dapat ditetapkan nilainya berdasarkan nilai gravitasi jenis. Namun sebelum ditetapkan, sampel tersebut telah mengandung partikel yang bebas dari semua zat-zat lain yang terlarut maupun tidak terlarut kecuali air. Untuk itu, dilakukan proses distilasi sederhana terlebih dahulu sebelum menetapkan kadar etanol (Bhavan dan Marg, 2005).

Gravitasi jenis suatu zat cair dapat ditentukan dengan menggunakan metode piknometer. Metode ini dapat mengetahui kadar etanol suatu cairan secara tepat. Metode ini menggunakan alat piknometer. Gravitasi jenis suatu zat cair dihitung menggunakan rumus (Bhavan dan Marg, 2005):

$$SG \text{ sampel} = \frac{\text{Massa sampel pada piknometer 25 ml dengan suhu ruangan } t^{\circ}\text{C}}{\text{Massa air pada piknometer 25ml dengan suhu ruangan } t^{\circ}\text{C}}$$

Kadar etanol yang ada dalam sampel larutan yang mengandung etanol dapat ditetapkan nilainya berdasarkan nilai gravitasi jenis. Namun sebelum ditetapkan, sampel tersebut telah mengandung partikel yang bebas dari semua zat-zat lain yang terlarut maupun tidak terlarut kecuali air. Untuk itu, dilakukan proses destilasi sederhana terlebih dahulu sebelum menetapkan kadar etanol. Gravitasi jenis suatu zat cair dapat ditentukan dengan menggunakan metode piknometer.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah jenis substrat limbah buah, faktor kedua adalah lama fermentasi. Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali.

1. Faktor pertama: Jenis substrat (P)

P1: Limbah buah pisang

P2: Limbah buah nanas

P3: Limbah buah pepaya

2. Faktor kedua : Lama fermentasi (F)

F1 : Lama Fermentasi 5 hari

F2 : Lama fermentasi 6 hari

F3 : Lama fermentasi 7 hari

F4 : Lama fermentasi 8 hari

Dari kedua faktor tersebut diperoleh 12 kombinasi perlakuan sebagai berikut :

P	P1	P2	P3
F			
F1	P1F1	P2F1	P3F1
F2	P1F2	P2F2	P3F2
F3	P1F3	P2F3	P3F3
F4	P1F4	P2F4	P3F4

P1F1: Limbah buah pisang, lama fermentasi 5 hari

P1F2: Limbah buah pisang, lama fermentasi 6 hari

P1F3: Limbah buah pisang, lama fermentasi 7 hari

P1F4: Limbah buah pisang, lama fermentasi 8 hari

P2F1: Limbah buah nanas, lama fermentasi 5 hari

P2F2: Limbah buah nanas, lama fermentasi 6 hari

P2F3: Limbah buah nanas, lama fermentasi 7 hari

P2F4: Limbah buah nanas, lama fermentasi 8 hari

P3F1: Limbah buah pepaya, lama fermentasi 5 hari

P3F2: Limbah buah pepaya, lama fermentasi 6 hari

P3F3: Limbah buah pepaya, lama fermentasi 7 hari

P3F4: Limbah buah pepaya, lama fermentasi 8 hari

Setelah didapatkan jumlah perlakuan dari kombinasi variasi dua faktor, selanjutnya menentukan banyaknya ulangan dengan rumus.

$$(t - 1) (r - 1) \geq 15 \dots \text{(Hanifah, 2014)}$$

Sehingga berdasarkan rumus tersebut, dari 12 perlakuan didapatkan minimal 2 kali ulangan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni – Juli 2017 di dua Laboratorium yaitu: Proses fermentasi limbah buah dilaksanakan di Laboratorium Biokimia Jurusan Biologi dan destilasi serta analisis kadar alkohol dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik Jurusan kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang ada pada penelitian ini terdiri dari dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perlakuan jenis substrat limbah buah (psang, nanas, dan pepaya) dan perlakuan lama fermentasi (5 hari, 6 hari, 7 hari, dan 8 hari)
2. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah volume dan kadar bioetanol setelah fermentasi

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol (tempat fermentasi), ember, kompor, autoklaf, pengaduk, panci, saringan, pisau, gelas ukur 100ml, corong plastik, kertas saring, alumunium foil, selang air, timbangan analitik, pH meter digital, kertas label, blender, termometer ruangan, piknometer dan unit destilasi.

3.4.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, lilin, es batu, ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan limbah buah yang terdiri dari buah nanas, buah pisang, dan buah pepaya.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1. Sterilisasi

Botol dibungkus dengan kertas dan alumunium foil kemudian dimasukkan kedalam plastik sebelum dilakukan sterilisasi. Sterilisasi dilakukan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit dengan tekanan 1 atm.

3.5.2. Blancing

Limbah buah Pisang, nanas, dan pepaya diblancing terlebih dahulu, dengan cara mengukus limbah buah pisang, nanas, dan pepaya di atas wajan kecil, kemudian diletakkan di atas air hangat pada suhu sekitar 80°C selama 10 menit, kemudian didinginkan sampai suhu normal. Perlakuan ini bertujuan untuk mensterilisasi limbah buah dari mikroorganisme yang tidak diinginkan.

3.5.3. Persiapan Bahan Baku Pembuatan Bioetanol

Limbah buah nanas, pisang dan pepaya dipilih dengan kriteria buah yang sudah busuk (cacat) dan sudah tidak layak konsumsi. Limbah buah pisang, nanas, dan pepaya ditimbang sesuai dengan sampel perlakuan dengan berat masing-masing sampel 50gr. Masing-masing sampel diblender dengan menambahkan aquades sebanyak 100ml untuk setiap 50gr sampel hingga menjadi bubuk .

3.5.4. Pemberian Perlakuan Lama Fermentasi

Filtrat (bubur limbah buah) dari masing-masing sampel sebanyak 150ml dimasukkan kedalam botol fermentasi. Ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) ditambahkan secara langsung sebanyak 3 gram pada masing-masing perlakuan, *Saccharomyces cerevisiae* dalam bentuk ragi dapat langsung digunakan sebagai inokulum pada kultivasi etanol (Salsabila, 2013). Penambahan starter yang sesuai pada proses fermentasi adalah 5% dari volume sampel fermentasi (Prescott and Dunn, 1959). Botol ditutup rapat kemudian diberi lubang dan dipasang selang air untuk aliran gas CO₂. Selanjutnya sampel difermentasi sesuai waktu perlakuan yaitu 5 hari, 6 hari, 7 hari, dan 8 hari (Prescott and Dunn, 1959). Perlakuan lama fermentasi mengacu pada penelitian PKL peneliti yang menggunakan perlakuan

lama fermentasi 3 hari, 5 hari, dan 7 hari, kemudian didapatkan hasil terbaik pada 7 hari fermentasi.

3.5.5. Destilasi Hasil Fermentasi

Sampel hasil fermentasi limbah buah pisang, nanas, dan pepaya disaring dengan menggunakan kertas saring. Hasil saringan tersebut dimasukkan ke dalam alat destilasi. Proses destilasi dilakukan pada suhu 100°C , karena titik didih alkohol $78-80^{\circ}\text{C}$ dan titik didih air 100°C . Pengembunan uap hasil destilasi tersebut ditampung ke dalam gelas penampung (Erlenmeyer) sampai uap tidak menetes lagi yang ditutup dengan plastik dan diikat karet (Kurniawati, 2009).

3.5.6. Analisis Kadar Bioetanol dengan Menggunakan Piknometer

Kadar etanol limbah buah pisang, nanas, dan pepaya hasil distilasi dianalisis menggunakan piknometer. Piknometer dikeringkan ke dalam oven pada temperatur 100°C selama 10 menit kemudian didinginkan sampai suhu kamar. Setelah itu, piknometer ditimbang dengan neraca analitik. Selanjutnya distilat dimasukkan ke dalam piknometer yang telah ditimbang sebelumnya. Distilat dimasukkan hingga memenuhi piknometer. Kelebihan distilat pada puncak pipa kapiler dibersihkan. Piknometer yang berisi distilat ditimbang dan beratnya dicatat. Prosedur yang sama dilakukan pada aquades sebagai pembanding (Jhonprimen dkk., 2012). Setelah itu dicatat suhu ruangan. Gravitasi jenis (*Specific gravity/SG*) etanol dihitung dengan rumus di bawah ini (Azizah dkk., 2012):

$$\text{SG sampel} = \frac{(a+b)-c}{(a+d)-c}$$

(a+b) = berat piknometer berisi distilat.

(a+d) = berat piknometer berisi aquades.

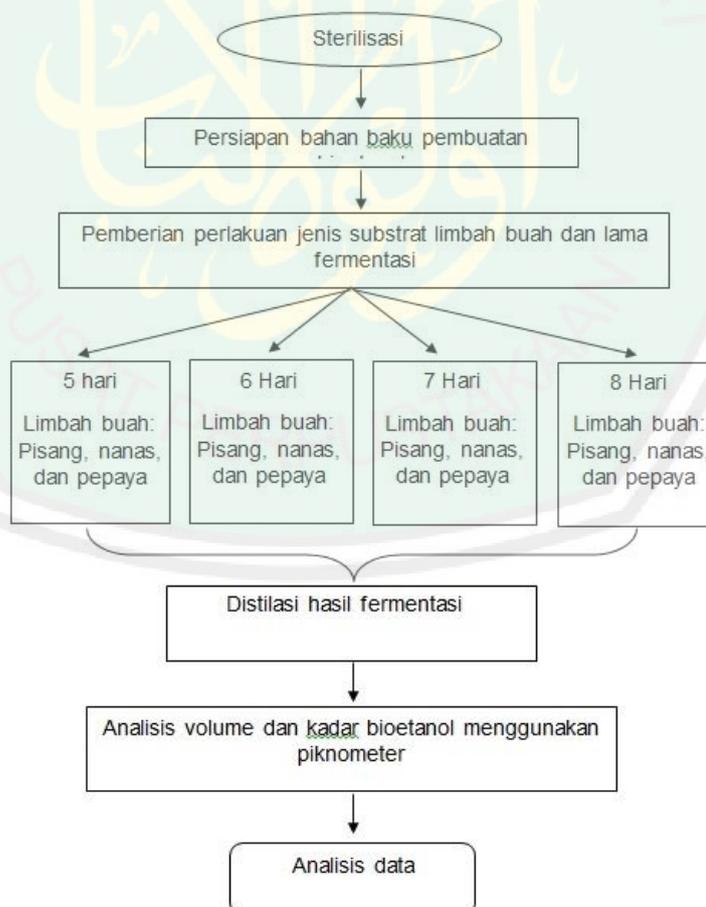
C = berat piknometer kosong.

Hasil perhitungan gravitasi jenis sampel kemudian dikonversikan dengan menggunakan tabel piknometer data dari *International Organization of Legal Metrology* (OIML) untuk mendapatkan kadar bioetanol (Bhavan dan Marg, 2005). Selanjutnya diukur volume murni bioetanol.

3.5.7. Analisis Data

Data pengaruh lama fermentasi dan variasi substrat limbah buah terhadap volume dan kadar bioetanol dianalisis dengan menggunakan Analysis Of Variance (ANOVA). Apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter maka dilanjutkan dengan uji *Regresi Korelasi*.

3.6 Desain Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Jenis Limbah Buah terhadap Volume dan Kadar Bioetanol

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil analisis varian (Anava) pada lampiran 1 dan 2 menunjukkan bahwa jenis limbah buah berpengaruh terhadap volume dan kadar bioetanol. Ringkasan data hasil analisis varian (Anava) pengaruh jenis limbah buah terhadap volume dan kadar bioetanol disajikan pada tabel 4.1:

Tabel 4.1 Ringkasan hasil analisis variansi (ANAVA) pada pengaruh jenis limbah buah terhadap volume dan kadar bioetanol

Variabel	F hitung	F tabel
Volume	85,708	3,89
Kadar	84,993	3,89

Berdasarkan ringkasan hasil analisis varian (ANAVA) pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa untuk variabel volume bioetanol diperoleh F hitung sebesar (85,708) lebih besar dibandingkan F tabel (3,89). Pada variabel kadar bioetanol diperoleh F hitung sebesar (84,993) lebih besar dibandingkan F tabel (3,89). Berdasarkan perbandingan tersebut dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh jenis limbah buah terhadap volume dan kadar bioetanol. Analisis statistik dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5%. Hasil uji lanjut disajikan pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Volume dan Kadar Bioetanol Berdasarkan Jenis Limbah Buah

Perlakuan Jenis Limbah Buah	Rata-rata Volume Bioetanol (ml)	Rata-rata Kadar Bioetanol (%)
Pisang	27,07 a	14,90 a
Nanas	23,45 b	12,90 b
Pepaya	21,19 c	11,11 c

Keterangan: Rata-rata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5%.

Berdasarkan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) diperoleh nilai BNT sebesar 2,22 untuk volume bioetanol dan 1,23 untuk kadar bioetanol. Dua nilai rata-rata untuk volume bioetanol dinyatakan berbeda bila memiliki selisih lebih dari 2,22 ; sedangkan untuk nilai kadar bioetanol, dua nilai rata-rata dinyatakan berbeda bila memiliki selisih nilai lebih dari 1,23.

Berdasarkan hasil uji lanjut pada tabel 4.2, dapat diketahui bahwa nilai rata-rata volume bioetanol paling tinggi adalah dari hasil fermentasi limbah buah pisang yaitu sebesar 27,07ml, diikuti oleh limbah buah nanas sebesar 23,45ml dan yang terendah adalah limbah buah pepaya sebesar 21,19ml. Dari hasil uji lanjut di atas juga diketahui bahwa nilai rata-rata kadar bioetanol tertinggi yaitu dari hasil fermentasi limbah buah pisang sebesar 14,90%, kemudian limbah buah nanas sebesar 12,90%, dan yang terendah yaitu hasil fermentasi limbah buah pepaya sebesar 11,11%. Tingginya volume dan kadar bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi limbah buah pisang karena limbah buah pisang memiliki kandungan glukosa lebih tinggi dibandingkan limbah buah nanas dan pepaya.

Tingginya produksi etanol yang dihasilkan, ditentukan oleh kandungan gula pada substrat yang difermentasikan. Menurut Satuhu dan Supriyadi (2000), buah pisang memiliki kandungan gula sebesar 19%, nanas memiliki kandungan

gula sebesar 13,65% (Wijana, 1991), dan pepaya memiliki kandungan gula sebesar 7,82gr/100gr (USDA Nutrient Database, 2010).

Kandungan glukosa dalam 100g limbah buah pisang sebesar 15,23g (Hasanah dkk., 2015). Limbah buah nanas mengandung glukosa sebesar 13,65% (Andriani dkk., 2013), dan limbah buah pepaya memiliki kandungan glukosa sebesar 8,23g (Kusnadi dkk., 2009).

Banyak faktor yang mempengaruhi fermentasi bioetanol, menurut Kunaepah (2008), faktor utama yang mempengaruhi fermentasi etanol adalah kandungan gula substrat disamping faktor lain, yaitu suhu, pH, oksigen, dan mikroba yang digunakan. Kusuma (2010), menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi fermentasi bioetanol yaitu konsentrasi gula dalam substrat. konsentrasi gula pada substrat akan diubah menjadi etanol melalui reaksi enzimatik.

Berdasarkan hasil penelitian di atas bahwa limbah buah pisang mampu menghasilkan volume dan kadar bioetanol paling tinggi dibandingkan limbah buah nanas dan pepaya. Maka dapat disimpulkan, semakin tinggi kandungan gula pada substrat, semakin tinggi pula volume dan kadar bioetanol yang dihasilkan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Hasanah dkk. (2015), yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar glukosa awal maka kadar bioetanol yang dihasilkan semakin tinggi pula, pernyataan tersebut dibuktikan dengan penelitiannya yang mengukur kadar glukosa sebelum fermentasi diperoleh rata-rata tertinggi sebesar 10,295% dan menghasilkan kadar bioetanol tertinggi sebesar 9,029% pada limbah buah apel. Menurut Asli (2009), konsentrasi gula awal mempengaruhi konsentrasi etanol dan konversi gula dalam proses fermentasi. Rudolf *et al.* (2005),

menyatakan secara teoritis 100% glukosa diubah menjadi 51,1% etanol dan 48,9% menjadi CO₂. Konsentrasi etanol yang diperoleh berdasarkan persamaan reaksi yakni sebagai berikut:



Dalam penelitian ini ragi yang digunakan adalah ragi roti yang didalamnya terdapat sel-sel *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* antara lain menghasilkan enzim zimase dan invertase (Setyohadi, 2006). Sengupta (2000), menyatakan bahwa enzim zimase merupakan enzim penting ekstraseluler dari *Saccharomyces cerevisiae* yang berperan dalam mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Awalurrizki dan Putra (2009), menambahkan bahwa enzim zimase dapat diambil dari ekstrak kasar ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*). Khamir ini memiliki aktivitas zimase yang tinggi sehingga sukrosa dengan cepat diubah menjadi glukosa dan fruktosa untuk keperluan metabolismenya. Selanjutnya Hammad (2008); Judoamidjojo *et al.* (1992), menyatakan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan etanol yang berasal dari fermentasi gula. Gula akan diubah menjadi bentuk yang paling sederhana oleh enzim zimase kemudian gula sederhana tersebut akan dikonversi menjadi etanol dengan adanya enzim invertase.

Secara singkat jalur metabolisme perombakan gula menjadi etanol yaitu berawal dari gula yang berfungsi sebagai substrat awal diubah menjadi asam piruvat melalui proses glikolisis, kemudian terjadi proses dekarboksilasi asam piruvat menjadi asetaldehid dan karbondioksida dengan bantuan enzim piruvat dekarboksilase. Asetaldehid hasil dari dekarboksilasi asam piruvat tersebut

kemudian diubah menjadi alkohol (etanol) dengan adanya alkohol dehidrogenase (Puspitasari dan Sidik, 2009).

4.2 Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Volume dan Kadar Bioetanol

Berdasarkan hasil analisis varian (Anava) pada lampiran 1 dan 2 menunjukkan bahwa lama fermentasi berpengaruh terhadap volume dan kadar bioetanol. Ringkasan data hasil analisis varian (Anava) pengaruh lama fermentasi terhadap volume dan kadar bioetanol disajikan pada tabel 4.3:

Tabel 4.3 Ringkasan hasil analisis varian (ANAVA) pada pengaruh lama fermentasi terhadap volume dan kadar bioetanol

Variabel	F hitung	F tabel
Volume	326,687	3,49
Kadar	322,379	3,49

Berdasarkan ringkasan hasil analisis varian (ANAVA) pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa untuk variabel volume bioetanol diperoleh F hitung sebesar (326,687) lebih besar dibandingkan F tabel (3,49). Pada variabel kadar bioetanol diperoleh F hitung sebesar (322,379) lebih besar dibandingkan F tabel (3,49). Berdasarkan perbandingan tersebut dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh lama fermentasi terhadap volume dan kadar bioetanol. Analisis statistik dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5%. Hasil uji lanjut disajikan pada tabel 4.4:

Tabel 4.4 Volume dan Kadar Bioetanol Berdasarkan Lama Fermentasi

Perlakuan Lama Fermentasi	Rata-rata Volume Bioetanol (ml)	Rata-rata Kadar Bioetanol (%)
5 Hari	13,67 a	7,53 a
6 Hari	24,08 b	13,25 b
7 Hari	32,63 c	17,95 c
8 Hari	23,90 b	13,15 b

Keterangan: Rata-rata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5%.

Berdasarkan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) diperoleh nilai BNT sebesar 2,22 untuk volume bioetanol dan 1,23 untuk kadar bioetanol. Dua nilai rata-rata untuk volume bioetanol dinyatakan berbeda bila memiliki selisih lebih dari 2,22 ; sedangkan untuk nilai kadar bioetanol, dua nilai rata-rata dinyatakan berbeda bila memiliki selisih nilai lebih dari 1,23.

Berdasarkan hasil uji lanjut pada tabel 4.4, dapat diketahui bahwa nilai rata-rata volume bioetanol paling tinggi adalah dari hasil lama fermentasi 7 hari yaitu sebesar 32,63ml, diikuti oleh lama fermentasi 6 dan 8 hari yaitu masing-masing sebesar 24,08ml dan 23,90ml. Pada lama fermentasi selama 5 hari diperoleh volume bioetanol terendah sebesar 13,67ml. Berdasarkan hasil uji lanjut tabel 4.4 di atas juga diketahui bahwa nilai rata-rata kadar bioetanol paling tinggi yaitu dari hasil lama fermentasi 7 hari sebesar 17,95%, diikuti oleh lama fermentasi 6 dan 8 hari yaitu masing-masing sebesar 13,25% dan 13,15%. Pada lama fermentasi 5 hari diperoleh kadar bioetanol terendah sebesar 7,53%. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa lama fermentasi 7 hari merupakan waktu fermentasi yang baik untuk menghasilkan volume dan kadar bioetanol tertinggi pada proses fermentasi limbah buah pisang, nanas, dan pepaya.

Menurut Kusuma (2010), beberapa faktor penting yang mempengaruhi fermentasi etanol diantaranya yaitu suhu, pH, oksigen, konsentrasi substrat, waktu fermentasi, dan jenis mikroba. Prescott dan Dum (1959), menambahkan bahwa waktu fermentasi merupakan faktor terpenting dalam proses fermentasi etanol.

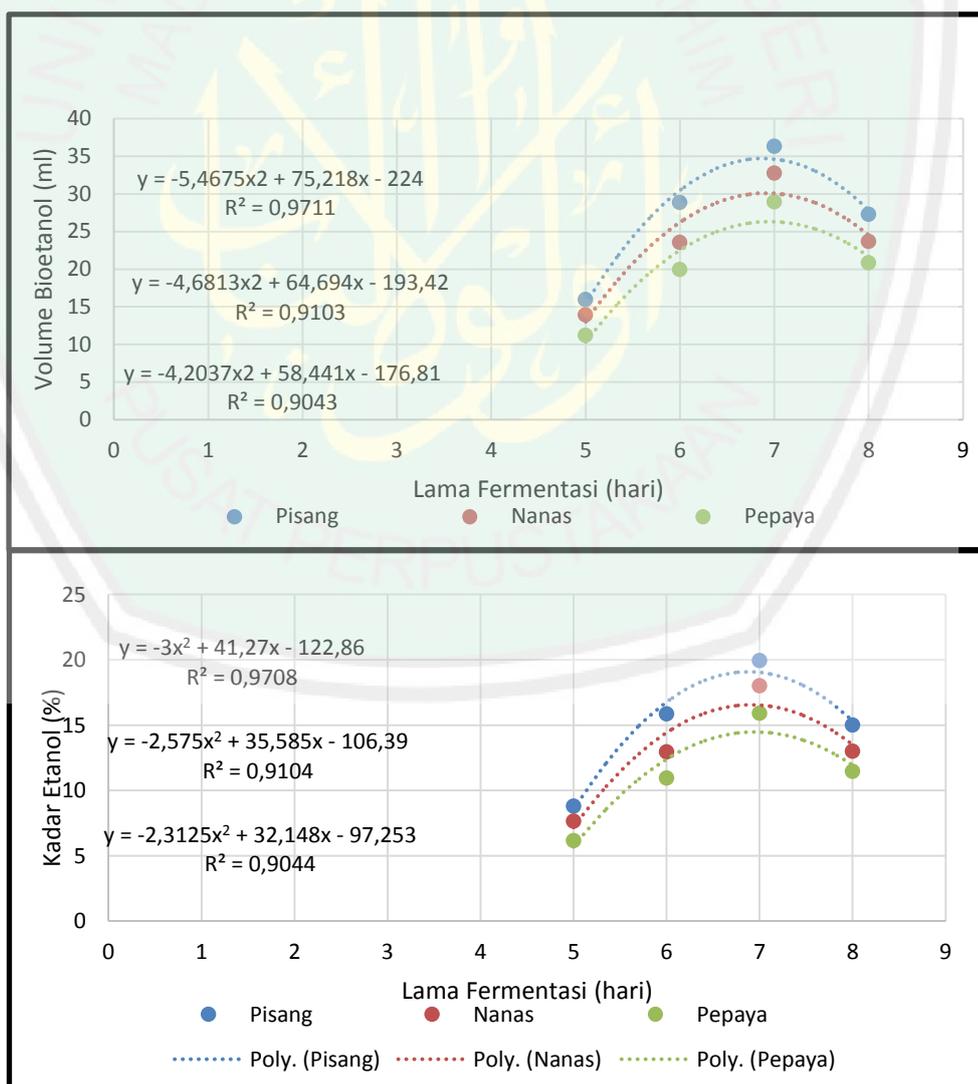
Lama fermentasi 7 hari dalam penelitian ini diduga waktu fermentasi yang optimal untuk fase kehidupan *Saccharomyces cerevisiae* dan waktu terbaik dalam

mengkonversi glukosa menjadi etanol pada substrat limbah buah pisang, nanas, dan pepaya. Dalam penelitian Retno dan Nuri (2011), kadar bioetanol tertinggi dihasilkan pada waktu fermentasi 6 hari yakni sebesar 13,54% dengan substrat kulit pisang. Penelitian Jhonprimen dkk. (2012), memperoleh kadar etanol tertinggi pada waktu fermentasi 3 hari sebesar 20,01% dengan substrat biji durian. Pada penelitian Sari (2009), diperoleh kadar etanol tertinggi sebesar 11% pada waktu fermentasi 6 hari dengan substrat rumput gajah. Pada penelitian Hapsari dan Pramashinta (2013), dengan substrat singkong karet (*Manihot glaziovii*) diperoleh kadar etanol tertinggi sebesar 94% pada waktu fermentasi 7 hari. Waktu fermentasi yang biasa dilakukan yakni 3-14 hari. jika waktunya terlalu cepat, maka kondisi *Saccharomyces cerevisiae* masih dalam masa pertumbuhan sehingga etanol yang dihasilkan dalam jumlah yang sedikit dan jika terlalu lama *Saccharomyces cerevisiae* akan mati maka etanol yang dihasilkan tidak maksimal (Prescott dan Dunn, 1959).

Proses fermentasi dipengaruhi oleh lama fermentasi, yakni semakin lama fermentasi maka akan memberikan kesempatan lebih lama mikroba untuk menguraikan glukosa menjadi etanol, sehingga memungkinkan untuk diperoleh kadar etanol yang tinggi. Pada lama fermentasi 5 hari diduga pertumbuhan sel *Saccharomyces cerevisiae* baru mencapai fase lag (fase adaptasi) dimana *Saccharomyces cerevisiae* menyesuaikan diri dengan lingkungan fermentasi. pada fase ini etanol yang dihasilkan masih sangat sedikit. Pada hari ke 7 diduga *Saccharomyces cerevisiae* sudah mencapai fase eksponensial yaitu *yeast* tumbuh dengan sempurna dan mampu beradaptasi dengan baik, sehingga glukosa dapat terkonversi dengan maksimal dan kadar etanol yang dihasilkan semakin tinggi.

Volume dan kadar bioetanol mengalami penurunan pada lama fermentasi 8 hari. Hal ini diduga karena glukosa sebagai substrat yang dikonversi menjadi produk bioetanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* telah habis. Selain itu Sari *et al.* (2008), menyatakan bahwa berkurangnya kadar etanol disebabkan karena alkohol telah terkonversi menjadi senyawa lain, misalnya ester. Menurut Pramita (2014), adanya penurunan jumlah etanol yang didapatkan disebabkan karena etanol yang dihasilkan berubah menjadi asam-asam organik seperti asam cuka akibat waktu fermentasi yang terlalu lama.

Perubahan volume dan kadar bioetanol selama proses fermentasi disajikan pada kurva regresi korelasi (Gambar 4.1):



Gambar 4.1 Kurva pengaruh lama fermentasi terhadap volume dan kadar bioetanol

Selama 8 hari proses fermentasi limbah buah pisang menghasilkan bioetanol tertinggi mengikuti persamaan regresi $y = -5,4675x^2 + 75,218x - 224$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,9711$. Kurva tersebut memiliki titik puncak pada $x = 6,88$; 34,69 yang berarti volume bioetanol tertinggi didapatkan pada waktu fermentasi 6 hari 21,12 jam, dengan volume 34,69ml. Pada urutan kedua yakni limbah buah nanas menghasilkan volume bioetanol tertinggi mengikuti persamaan regresi $y = -4,6813x^2 + 64,694x - 193,42$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,9103$. Kurva tersebut memiliki titik puncak pada $x = 6,90$; 30,09 yang berarti volume bioetanol tertinggi didapatkan pada waktu fermentasi 6 hari 21,6 jam, dengan volume 30,09ml. Pada urutan ketiga yakni limbah buah pepaya menghasilkan volume bioetanol tertinggi mengikuti persamaan regresi $y = -4,2037x^2 + 58,441x - 176,81$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,9043$. Kurva tersebut memiliki titik puncak pada $x = 6,95$; 26,30 yang berarti volume bioetanol tertinggi didapatkan pada waktu fermentasi 6 hari 22,8 jam, dengan volume 26,30ml.

Selama 8 hari proses fermentasi, limbah buah pisang menghasilkan kadar bioetanol tertinggi mengikuti persamaan regresi $y = -3x^2 + 41,27x - 122,86$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,9708$. Kurva tersebut memiliki titik puncak pada $x = 6,87$; 19,07 yang berarti kadar bioetanol tertinggi didapatkan pada waktu fermentasi 6 hari 20,88 jam, dengan kadar 19,07%. Pada urutan kedua yakni limbah buah nanas menghasilkan kadar bioetanol tertinggi mengikuti persamaan regresi $y = -2,575x^2 + 35,585x - 106,39$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,9104$. Kurva tersebut memiliki titik puncak pada $x = 6,90$; 16,55 yang berarti kadar bioetanol tertinggi

didapatkan pada waktu fermentasi 6 hari 21,6 jam, dengan kadar 16,55%. Pada urutan ketiga yakni limbah buah pepaya menghasilkan kadar bioetanol tertinggi mengikuti persamaan regresi $y = -2,3125x^2 + 32,148x - 97,253$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,9044$. Kurva tersebut memiliki titik puncak pada $x = 6,95$; 14,47 yang berarti kadar bioetanol tertinggi didapatkan pada waktu fermentasi 6 hari 22,8 jam, dengan kadar 14,47%.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa lama fermentasi di atas 7 hari atau semakin lama waktu pada proses fermentasi maka dapat menurunkan volume dan kadar bioetanol yang dihasilkan. Oleh karena itu dibutuhkan lama fermentasi yang tepat untuk proses fermentasi bioetanol agar didapatkan volume dan kadar bioetanol dalam jumlah yang tinggi (Azizah, 2012).

4.3 Pengaruh Interaksi Jenis Limbah Buah dan Lama Fermentasi terhadap Volume dan Kadar Bioetanol

Berdasarkan hasil analisis varian (Anava) pada lampiran 1 dan 2, menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara pengaruh substrat limbah buah dengan lama fermentasi yang berarti tidak ada pengaruh terhadap volume dan kadar bioetanol. Hal ini mengindikasikan tidak terjadi hubungan antara faktor jenis limbah buah dengan lama fermentasi dalam menghasilkan bioetanol baik volume maupun kadar.

4.4 pH Fermentasi Bioetanol Limbah Buah

Satu diantara faktor yang mempengaruhi fermentasi bioetanol adalah pH. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran pH substrat limbah buah sebelum dan sesudah fermentasi. Hasil pengukuran pH sebelum fermentasi diperoleh

keseluruhan limbah buah dengan pH 5, sedangkan pengukuran setelah fermentasi didapatkan pH 4 pada keseluruhan substrat limbah buah.

Hal di atas menunjukkan terjadinya penurunan pH selama proses fermentasi berlangsung. Penurunan pH terjadi karena selama fermentasi berlangsung terdapat produk sampingan metabolisme ragi yang dikeluarkan ke dalam larutan fermentasi. pH yang didapatkan masih berkisar antara 4-5 menunjukkan bahwa proses fermentasi berjalan dengan cukup baik karena pertumbuhan khamir yang baik adalah antara pH 3-6 (Budiyanto, 2003).

Semua sampel fermentasi mengalami penurunan pH dari hari ke-5 hingga hari ke-8 karena pada proses fermentasi etanol akan menghasilkan etanol sebagai produk utama. Selain itu dihasilkan juga karbondioksida dan asam-asam organik diantaranya asam asetat (Pramita, 2014). Asam yang dihasilkan sebagai produk sampingan inilah yang membuat pH larutan semakin rendah (Isra, 2007). Khamir akan tumbuh dengan baik pada pH antara 3,5-5,5 karena tingkat keasaman sangat berpengaruh pada perkembangan bakteri (Jumari, 2009).

4.5 Fermentasi Limbah Buah sebagai Bioetanol dalam Perspektif Islam

Allah SWT memerintahkan kepada umat manusia untuk mensyukuri semua nikmat dan ciptaan Allah yang telah diturunkan kepada umat-Nya serta mengambil manfaat dari apa yang telah Allah ciptakan untuk kemaslahatan umat manusia. Pemanfaatan limbah buah pisang, nanas, dan pepaya sebagai bahan baku pembuatan bioetanol merupakan satu diantara cara mensyukuri nikmat Allah SWT dengan mengeksplorasi serta mengambil manfaat dari apa yang telah Allah perintahkan dalam Al-Quran.

Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah buah pisang, nanas, dan pepaya yang membawa dampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan dapat dirubah menjadi produk bahan bakar yaitu bioetanol, jika dimanfaatkan dengan baik. Sebagaimana Allah SWT telah berfirman dalam Q.S. Shaad [38]: 27, yang berbunyi:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَطْلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ
 كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

Artinya: “Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, Maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka.”

Menurut *Tafsir Jalalain* (2010), makna (بَطْلًا) “sia-sia”. Jadi maksud kalimat di atas, Allah SWT tidak akan menurunkan sesuatu di bumi ini dengan sia-sia tanpa ada maksud dan tujuan serta manfaat seperti halnya limbah buah. Limbah buah termasuk dalam limbah pasar yang jumlahnya cukup banyak dan sejauh ini masih belum optimal dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai tambah. Limbah buah merupakan biomassa yang mengandung glukosa cukup tinggi sehingga sangat memungkinkan untuk dikelola dan dimanfaatkan sebagai bioetanol yang ramah lingkungan.

Menurut Budiyanto (2004), etanol memiliki beraneka ragam kegunaan antara lain: sebagai bahan baku pembuatan senyawa organik lain seperti asam asetat yang merupakan hasil fermentasi etanol, etanol untuk membuat ester, etanol juga digunakan dalam kesehatan sebagai anti beku, kemudian entanol juga dapat digunakan sebagai bahan pelarut dalam minyak wangi. Etanol dibidang industri

dapat digunakan sebagai bahan bakar, alat pemanas, penerangan atau pembantu pembangkit listrik, pelarut bahan kimia, dan obat-obatan.

Hasil penelitian ini tidak lepas dari proses fermentasi dengan menggunakan ragi roti yang mengandung *Saccharomyces cerevisiae* dimana merupakan mikroorganisme memiliki peran penting dalam mengkonversi glukosa menjadi etanol. Berdasarkan pada fenomena tersebut Islam sebagai agama sekaligus pedoman hidup, memberikan jalan keluar pada setiap permasalahan sebagaimana termaktub dalam Al-Qur'an surat An Nahl 67:

وَمِنْ ثَمَرَاتِ النَّخِيلِ وَالْأَعْنَابِ تَتَّخِذُونَ مِنْهُ سَكَرًا وَرِزْقًا حَسَنًا إِنَّ فِي ذَلِكَ
لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya: “Dan dari buah korma dan anggur, kamu buat minuman yang memabukkan dan rezki yang baik. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang memikirkan.”

Ayat di atas mengandung penjelasan bahwa selain yang dijadikan sebagai sesuatu yang memabukkan maka itu termasuk bagian dari rizqi yang baik sebagai differensiasi dari pemanfaatan buah-buahan itu sendiri, seperti halnya dioalah dalam proses fermentasi menjadi cuka, tapai dan sebagainya (Razi, 1985). Pemanfaatan limbah buah sebagai bahan pembuatan bioetanol ini menunjukkan differensiasi kemanfaatan buah-buahan, bahkan ketika sudah menjadi limbahpun masih dapat digunakan. Melengkapi dari ayat tersebut, sebagaimana Allah SWT menjelaskan dalam Q.S. Yunus 61, yang berbunyi:

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ قُرْآنٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ
 شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي
 السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٦١﴾

Artinya: “kamu tidak berada dalam suatu Keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al Quran dan kamu tidak mengerjakan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarah (atom) di bumi ataupun di langit. tidak ada yang lebih kecil dan tidak (pula) yang lebih besar dari itu, melainkan (semua tercatat) dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh).”

Menurut *Tafsir Jalalain* (2010), menjelaskan makna “dzarrah” merupakan binatang terkecil yang disebutkan dalam Al-Quran. Dalam konteks biologi kata “dzarrah” bisa diterjemahkan sebagai mikroorganisme yaitu khamir (*Saccharomyces cerevisiae*), yang mana dalam penelitian ini *Saccharomyces cerevisiae* sebagai penghasil enzim zimase dan invertase untuk proses fermentasi merubah glukosa dalam limbah buah menjadi bioetanol.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan didukung dengan literatur yang ada, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Substrat limbah buah yang berpengaruh terhadap volume dan kadar bioetanol yaitu pada substrat limbah buah pisang, yang ditunjukkan dengan peningkatan volume dan kadar bioetanol.
2. Lama fermentasi yang berpengaruh terhadap volume dan kadar bioetanol dari limbah buah yaitu pada lama fermentasi 7 hari, yang ditunjukkan dengan peningkatan volume dan kadar bioetanol.
3. Interaksi lama fermentasi dan substrat limbah buah tidak memiliki pengaruh terhadap volume dan kadar bioetanol, karena lama fermentasi dan substrat limbah buah masing-masing memiliki pengaruh yang sama terhadap volume dan kadar bioetanol.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi konsentrasi ragi roti yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Admianta, Noer Z dan Fitriani. 2001. Pengaruh Jumlah Yeast Terhadap Kadar Alkohol Pada Fermentasi Kulit Nanas dengan Menggunakan Fermentor. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia ITN Malang.
- Agus Krisno Budiyanto. 2004. Mikrobiologi Terapan. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Ambarita, Kurniawan, A Kusnadi. 2015. Identifikasi Karakter Morfologis Pisang (*Musa spp.*) di Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Agroekoteknologi*. E-ISSN No. 2337- 6597 Vol.4. No.1
- Andaka, G. 2011. Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural dengan katalisator Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi*, 13: 1-7.
- Andriani, Ria Dewi. Akeprathumchai, Saengchai. Laoteng, Kobkul. Poomputsa, Kanokwan. Mekvichitsaeng, Phenjun. 2013. Pemanfaatan Limbah Buah Nanas Sebagai Media Pertumbuhan *Xanthophyllomyces dendrorhous* untuk Produksi Lipid. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol. 14 No. 3.
- Andrieyani, Hanapi A, Fasya A.G, Hasanah, H. 2015. Identifikasi senyawa flavonoid dan efek terapi ekstrak etanol 70 % Umbi Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) terhadap kadar glukosa darah dan aktifitas SOD (Superoksida dismutase) jantung tikus yang diinduksi aloksan. *ALCHEMY* 4(1): 73-78
- Ashari. 1995. Holtikultura Aspek Budaya. Universitas Indonesia Press.
- Asli, M.S. (2009). A study on some efficient parameters in batch fermentation of ethanol using *Saccharomyces cerevesiae* SC1 extracted from fermented siahe sardasht pomace. *African Journal of Biotechnology* 9: 2906- 2912.
- Astuti, ED. 1991. *Fermentasi Etanol Kulit Buah Pisang*. Yogyakarta: UGM
- Awalurrizki, N. Dan S. R. Putra. 2009. Hidrolisis Sukrosa dengan Enzim Invertase untuk Produksi Etanol Menggunakan *Zymomonas mobilis*. *Prosiding KIMIA FMIPA*. Surabaya: ITS.
- Azizah, N. Al-Baarri, A, N. Mulyani, S. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. Vol.1 No. 2
- Baarri, Al. A. N., dan Fawaid, M. T. 2013. Profil Produksi Alkohol dari Fermentasi Whey dan Ampas Tebu. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 2 (1): 48-51.

- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2016. *Outlook Energi Indonesia 2016, Pengembangan Energi untuk Mendukung Industri Hijau*. Jakarta: Pusat Teknologi Sumber Daya Energi dan Industri Kimia (PTSEIK).
- Berry, D.R. 1998. *Physiology of Industrial Fungi*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. London.
- Bhavan, Manak dan Marg, Bahadur S. Z. 2005. *Indian Standard: Table of Alcoholometry (Pucnometer Methode) First Revision*. New Delhi: Bureau of Indian Standards.
- Boedoyo, M. S. Sugiyono, A. 2000. *Optimalisasi Suplai Energi dalam Memenuhi Kebutuhan Tenaga Listrik*. Jakarta: BPPT.
- Buckle, K.A., Edwards, R.A. & Wouton, M. (2007). *Ilmu Pangan. Terjemahan dari Food Science oleh Purnomo H dan Adiono*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Budiyanti, Tri. 2016. *Mengenal Morfologi Bunga untuk Meningkatkan Kualitas Benih Pepaya*. Sumatera Barat: Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System Of Classification Of Flowering Plants*. New York: Columbia University.
- Departemen Agama. 2004. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: Toha Putra.
- Depkes, RI. 1987. *Pedoman Bidang Studi Pembuangan Sampah, Akademi Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi (APKTS)*. Jakarta: Proyek Pengembangan Pendidikan Tenaga Sanitasi Pusat Departemen Kesehatan.
- Djien, K.S. 1972. Tape Fermentation. *Applied Microbiology*, 23(5): 976 – 978.
- Dinas Kebersihan Kota Malang. 2013. *Jumlah Timbunan Sampah Kota Malang*. Dinas Kebersihan Kota Malang.
- Dinas Kebersihan Kota Malang. 2015. *Komposisi Sampah Organik*. Dinas Kebersihan Kota Malang.
- Dwidjoseputro, D., & F. T. Wolf. 1970. Microbiological studies of Indonesian fermented food stuffs. *Mycopathol. Mycol. Appl.* 41: 211—222.
- Fardiaz. 1996. *Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gandjar, I. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Jakarta: IKAPI.
- Ghoffar, Abdul M. Abdurrahim, Mu'thi. Abu Ihsan, Al-Atsari. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.

- Gunam, I. B. W., Aryanta, W. R., dan Darma, I. B. N. S. 2011. Produksi Selulase Kasar dari Kapang *Trichoderma viride* dengan Perlakuan Konsentrasi Substrat Ampas Tebu dan Lama Fermentasi. *Jurnal Biologi*. XV (2): 29-33.
- Gusmailina dan Komarayati, Sri., 2010. *Prospek Bioetanol Sebagai Pengganti Minyak Tanah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Hammad, M. S. H. 2008. *Biomass Production of Saccharomyces cerevisiae (Baker's Yeast) Using The Cactus Cladodes Extract As A Culture Medium*. Gaza: Department of Biological Sciences Faculty of Science Islamic University Gaza.
- Hanafiah, Kemas Ali. 2014. *Rancangan Percobaan: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Hapsari, Mira Amalia. Prasmashinta, Alice. 2013. Pembuatan Bioetanol dari Singkong Karet (*Manihot glaziovii*) untuk Bahan Bakar Kompor Rumah Tangga Sebagai Upaya Mempercepat Konversi Minyak Tanah Ke Bahan Bakar Nabati. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol. 2 No. 2
- Hardadi, Rachmad. 2015. *Kondisi Pasokan dan Permintaan BBM di Indonesia dan Upaya Pertamina dalam Pemenuhan Kebutuhan BBM Nasional*. Jakarta: PT. Pertamina (PERSERO).
- Harsono, Soni Sisbudi. 2014. *Pengembangan Teknologi Pengolahan Limbah Kopi Menjadi Bioetanol dan Biogas untuk Mendukung Percepatan Kemandirian Energi pada Masyarakat di Kawasan Sentra Kopi Rakyat*. Jember: Universitas Jember.
- Hasanah Nur, Siti Zaenab, Ainur Rofieq. 2015. Perbedaan Kadar Bioetanol Hasil Fermentasi Berbagai Dosis Rgi dari Limbah Sayuran dan Buah. *Proseding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*.
- Hidayat N, Padaga M, dan Suhartini S. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Andi. Yogyakarta.
- Ida, Riyanti .E. 2009. Biomassa sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*. No.3 Vol.28.
- IOM Institute of Medicine. 2005. Dietary Reference Intake for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. A Report of the Panel on Macronutrients, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. Washington, DC: National Academies Press.

- Isra, Darma. 2007. *Pemanfaatan Hidrolisat Pati Sagu (Metroxylan sp.) Sebagai Sumber Karbon Pada Fermentasi Etanol Oleh Saccharomyces cerevisiae*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Jalaludin, I. 2010. *Tafsir Jalalain Edisi Indonesia*. Surabaya: Pustaka eLBA.
- Jhonprimen H.S., Andreas Turnip dan M, Hatta Dahlan. 2012. Pengaruh Massa Ragi, Jenis Ragi dan Waktu Fermentasi pada Bioetanol dari Biji Durian. *Jurnal Teknik Kimia*, No.2 Vol.18.
- Judoamidjojo M, Abdul AD dan Endang GS. 1992. *Teknologi Fermentasi*. Jakarta: Rajawali-Press.
- Jumari, Arif., Indah, Ariyani. 2009. *Pembuatan Bioetanol dari Jambu Mete dengan Metode Fermentasi*. Mahasiswa Teknik Kimia FT-UNS. Solo.
- Karlina. 2008. Pengaruh persentase Ragi Tape dan Lama Fermentasi Terhadap Mutu Tape Ubi Jalar. *Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Kartika. 1992. *Petunjuk Evaluasi Produk Industri Hasil Pertanian*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM.
- Ketua AGI. 2006. Program Pengembangan Bio-Ethanol dari Tebu. <http://rafflesia.wwf.or.id/library/admin/attachment/clips/>. Diakses tanggal 5 April 2017.
- Ketut, S. 2011. Isolation Study Of Efficient A – Cellulose From Waste Plant Stem Manihot Esculenta Crantz. *Jurnal Teknik Kimia*. 5(2): 434-438.
- Komaryati, Sri. Djarwanto. Winarni, Ina. 2014. *Teknologi Produksi Ragi Untuk Pembuatan Bio-etanol*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kumalaningsih, Sri. 2006. *Antioksidan Alami*. Surabaya: Trubus Agrisarana.
- Kunaepah, Uun. 2008. Pengaruh Lama Konsentrasi dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah. http://pdfsearchpro.com/pengaruh_lama_fermentasi_dan_konsentrasi_glukosa_terhadap_pdf.html. Diakses pada september 2016.
- Kusuma, I. G. B. W. 2010. Pengolahan Sampah Organik Menjadi Etanol dan Pengujian Sifat Fisika Biogasoline. *Seminar Nasional tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9*. Palembang.
- Lee, M.J. 1992. *Biochemical Engineering*. Inc.New Jersey: Prentice-Hall

- Lubad, Aziz Masykur. Widiastuti, Paramita. 2010. Program Nasional *Biofuel* dan Realitasnya di Indonesia. *Lembaran Publikasi Lemigas*. Vol. 44 No. 3.
- MacDonald, T. G, Yowell. M, McCormack. And M, Bouvier. 2003. Bioethanol Supply Outlook for California. *California Energy Commission*. P. 1-27.
- Mudjajanto E.S dan L.N Yulianti. 2008. *Membuat Aneka Roti*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Munson, Bruce R., Donald F. Young, dan Theodore H. Okiishi. 2003. *Mekanika Fluida Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Nowak J. 2000. Bioetanol Yield and Productivity of *Zymomonas mobilis* in Various Fermentation Methods, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. Vol. 3, No. 2, seri Food Science and Technology.
- Nugraha, N. 2008. Pengaruh Penambahan Inokulum Jamur Hasil Isolasi dari Sampah Organik terhadap Kecepatan Waktu Pengomposan Sampah Organik Secara Aerobik. Skripsi sarjana pada FPMIPA UPI Bandung: tidak diterbitkan.
- O'Leary V. S., R. Green, B. C. Sullivan, V. H. Holsinger. 2004. Alcohol production by) selected yeast strains in lactaseDhydrolyzed acid whey. *Biotechnol Bioeng* 19 (10):)19–35.
- Olson, Reuben M.dan Wright, Steve J. 1993. *Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik Edisi Kelima*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Paputungan Rinto, Fitryane Lihawa dan Muhamad Yusuf. 2013. Pemanfaatan Limbah Nanas Sebagai Bioetanol. *Bulletin Fisika UNG*. Universitas Negeri Gorontalo.
- Poedjiadi, Anna. 2012. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: UI Press.
- Pramono, S.S. 2004. *Studi Mengenai Komposisi Sampah Perkotaan di Negara-negara Berkembang*. Jakarta : Universitas Gunadarma.
- Prescott, Samuel G. And Cecil, G Dunn. 1959. *Industrial Microbiology*. New York: Third ed. McGraw-Hill Company.
- Puspitasari, N. dan M. Sidik. 2009. Pengaruh Jenis Vitamin B dan Sumber Nitrogen dalam Peningkatan Kandungan Protein Kulit Ubi Kayu Melalui Proses Fermentasi. Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknik, Universitas Diponegoro.
- Ramlawati. Yunus, Siti Rahma. 2016. *Bab V Energi dan Kalor dalam Sistem Kehidupan*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

- Raposo, S. 2009. Kinetic Modelling Of Bioethanol Production Using Agro-Industrial Byproducts. *International Journal Of Energy Environment*. Issue 1,3.
- Retno, Dyah dan Wasir Nuri. 2011. *Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang*. Jurusan Tehnik Kimia FTI, UPN Veteran Yogyakarta.
- Roukas T. (1996), "Continuous Bioetanol Production from Nonsterilized Carob Pod Extract by Immobilized *Saccharomyces cerevisiae* on Mineral Kissiris Using A Tworeactor System", *Journal Applied Biochemistry and Biotechnology*, Vol. 59, No. 3.
- Rudolf, A., Malek, A., Guido, A., Gunnar, L. 2005. A Comparisson Between Batch and Fed Batch Simultaneous Saccharification and Fermentation of Steam Pretreated Spruce. *J. Enz. Microbiol. Technol.* 37: 195-204.
- Rukmana, R. 1995. *Pepaya Budidaya dan Pascapanen*. Yogyakarta: Kanisius.
- Salsabila, U., Mardiana, D., dan Indahyanti, E. 2013. Kinetika Reaksi Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Pati Biji Durian menjadi Etanol. *Student Journal*. 2 (1): 331-336.
- Sari, I. M., Noverita dan Yulneriwarni. 2008. Pemanfaatan Jerami Padi dan Alang-alang dalam Fermentasi Etanol Menggunakan Kapang *Trichoderma viride* dan Khamir *Saccharomyces serevisiae*. *Vis Vitalis*. 5(2): 55-62.
- Sari, Mita T. 2009. Pengaruh Tekanan dan Temperatur Terhadap Pemurnian Etanol Dari Tetes Tebu Secara Distilasi Vakum. Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Schlegel, H.G. 1994. *Mikrobiologi U Kimia dan Proses*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Surabaya: UPN.
- Sebayang, Firman. 2006. Pembuatan Etanol dari Molase secara Fermentasi Menggunakan Sel *Saccharomyces cerevisiae* yang Terimobilisasi pada Kalsium Alginat. *Jurnal Teknologi Proses*. Vol. 5 No. 2
- Seftian, Dedy. Antonius, Ferdinand. Faizal, M. 2012. Pembuatan Etanol dari Kulit Pisang Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik dan Fermentsai. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 18 No. 1
- Sengupta, S., Jana, M. L., Sengupta, D., dan Naskar, A. K. 2000. A note on the estimation of microbial glycosidase activities by dinitrosalicylic acid reagent. *Appl. Microbial. Bioetanol*, 53: 732-735.
- Setyohadi. 2006. *Proses Mikrobiologi Pangan (Proses Pengolahan dan Kerusakan)*. USU-Press, Medan.

- Setyorini, D. 2005. "Pupuk Organik Tingkatan Produksi Pertanian". Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Vol.27, No.6 : Bogor.
- Shihab, M. Quraish. 2005. *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan Dan Keserasian Al-Qur'an*. Tangerang: Lentera Hati.
- Susanto, Feri, dkk. 2012. Pengaruh Penambahan Ragi Roti dan Waktu Fermentasi Terhadap Glukosa Hasil Hidrolisis Selulosa Ampas Tebu (*Saccarum Officinarum*) dengan HCL 30% dalam Pembuatan Bioetanol. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Universitas Sumatra Utara.
- Suyanti dan Supriyadi. 2008. *Pisang Budidaya, Pengolahan dan Prospek Pasar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Tao F, Miao J,Y, Shi GY and Zhang, K.C. 2003. Bioetanol Fermentation by an Acid tolerant *Zymomonas mobilis* under Nonsterilized Condition. *Process Biochemistry*. Elsevier. 40: 183-187.
- Tarigan. 1990. *Pengantar Mikrobiologi*. Jakarta: Departemen Pendidikan.
- Tjitrosoepomo, Gembong. 2009. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Tontowi,I dan L.Jayanti N.D. 2009. Etanol Dari Molasses Menggunakan *Zymomonas Mobilis* Yang Diamobilisasi Dengan k-Karaginan Pada Reaktor Kontinyu. *Jurnal Fakultas Teknik Kimia*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- United States Departement of Agriculture (USDA). 2010. Nutrient Database for Standard Reference. RI.
- Van Steeins, C.G.G.J. 2006. *Flora Terjemahan*. Jakarta: PT Padnya Paramita.
- Walisiewiz, Marek. 2003. *Energi Alternatif*. Jakarta: Erlangga.
- Wijana S, Kumalaningsih A, Setyowati U, Efendi dan Hidayat N. 1991. Optimalisasi Penambahan Tepung Kulit Nanas dan Proses Fermentasi pada Pakan Ternak terhadap Peningkatan Kualitas Nutrisi. ARMP (Deptan). Universitas Brawijaya. Malang.
- Yudiarto, M. Arif dan Djuma'ali. 2008. Menimbang Kelayakan Bioetanol Sebagai Pengganti Bensin. <http://www.kreatifEnergiIndonesia.co.id>. Diakses tanggal 17 Februari 2017.
- Zanin, G.M. C.C. Santana, E.P.S. Bon, R.C.L. Giordano, F.F. de Morais, S.R. Andrietta, C.C. de Carvalho Neto, I.C. Macedo, D.L. Fo, L.P. Ramos, and D.J. Fontana. 2000. Brazilian bioethanol program. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 84-86.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Volume Bioetanol

1. Data Hasil Volume Bioetanol

Perlakuan		Ulangan		Total	Rata-rata (ml)
Jenis Substrat Limbah Buah	Lama Fermentasi	1	2		
Pisang	5 hari	14,9	17	31,9	15,95
	6 hari	28,18	29,45	57,63	28,815
	7 hari	35,27	37,27	72,54	36,27
	8 hari	26,72	27,81	54,53	27,265
Nanas	5 hari	14,18	13,63	27,81	13,905
	6 hari	24,36	22,72	47,08	23,54
	7 hari	32,36	33,09	65,45	32,275
	8 hari	24	23,27	47,27	23,635
Pepaya	5 hari	11,81	10,54	22,35	11,175
	6 hari	18,9	20,9	39,8	19,9
	7 hari	27,81	30	57,81	28,905
	8 hari	30,36	21,27	41,63	20,815

2. Uji Normalitas Volume Bioetanol

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		volume_etanol
N		24
Normal Parameters ^a	Mean	23.1763
	Std. Deviation	7.87663
Most Extreme Differences	Absolute	.103
	Positive	.103
	Negative	-.097
Kolmogorov-Smirnov Z		.506
Asymp. Sig. (2-tailed)		.960

a. Test distribution is Normal.

3. Uji Analisis Varian Pengaruh Jenis Substrat Limbah Buah dan Lama Fermentasi terhadap Volume Bioetanol

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: volume_etanol

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1281.811 ^a	11	116.528	105.511	.000
Intercept	13338.735	1	13338.735	1.208E4	.000
Hari	1082.396	3	360.799	326.687	.000
jenis_buah	189.315	2	94.658	85.708	.000
hari * jenis_buah	10.100	6	1.683	1.524	.251
Error	13.253	12	1.104		
Total	14633.799	24			
Corrected Total	1295.064	23			

a. R Squared = ,990 (Adjusted R Squared = ,980)

Pengaruh Jenis Substrat Limbah Buah

Duncan

jenis_buah	N	Subset		
		1	2	3
Pepaya	8	20.1988		
Nanas	8		23.4512	
pisang	8			27.0750
Sig.		1.000	1.000	1.000

Pengaruh Lama Fermentasi

Duncan

hari	N	Subset		
		1	2	3
hari ke 5	6	13.6767		
hari ke 8	6		23.9050	
hari ke 6	6		24.0850	
hari ke 7	6			32.6333
Sig.		1.000	.772	1.000

4. Perhitungan Uji BNT Volume Bioetanol

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}_{0,05} &= t \times \sqrt{\frac{2 \text{ KT galat}}{\text{ulangan}}} \\
 &= 2,12 \times \sqrt{\frac{2 \times 1,104}{2}} \\
 &= 2,12 \times 1,0507 \\
 &= 2,22
 \end{aligned}$$

Lampiran 2. Kadar Bioetanol

1. Data Hasil Kadar Bioetanol

Perlakuan		Ulangan		Total	Rata-rata (%)
Jenis Substrat Limbah Buah	Lama Fermentasi	1	2,2		
Pisang	5 hari	8,2	9,4	17,6	8,8
	6 hari	15,5	16,2	31,7	15,85
	7 hari	19,4	20,5	39,9	19,95
	8 hari	14,7	15,3	30	15
Nanas	5 hari	7,8	7,5	15,3	7,65
	6 hari	13,4	12,5	25,9	12,95
	7 hari	17,8	18,2	36	18
	8 hari	13,2	12,8	26	13
Pepaya	5 hari	6,5	5,8	12,3	6,15
	6 hari	10,4	11,5	21,9	10,95
	7 hari	15,3	16,5	31,8	15,9
	8 hari	11,2	11,7	22,9	11,45

2. Uji Normalitas Kadar Bioetanol

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		kadar_etanol
N		24
Normal Parameters ^a	Mean	12.9708
	Std. Deviation	4.12463
Most Extreme Differences	Absolute	.089
	Positive	.085
	Negative	-.089
Kolmogorov-Smirnov Z		.435
Asymp. Sig. (2-tailed)		.991

a. Test distribution is Normal.

3. Uji Analisis Varian Pengaruh Jenis Substrat Limbah Buah dan Lama Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kadar_etanol

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	387.235 ^a	11	35.203	104.177	.000
Intercept	4037.820	1	4037.820	1.195E4	.000
hari	326.811	3	108.937	322.379	.000
jenis_buah	57.441	2	28.720	84.993	.000
hari * jenis_buah	2.983	6	.497	1.471	.268
Error	4.055	12	.338		
Total	4429.110	24			
Corrected Total	391.290	23			

a. R Squared = ,990 (Adjusted R Squared = ,980)

Pengaruh Jenis Substrat Limbah Buah

Duncan

jenis_buah	N	Subset		
		1	2	3
pepaya	8	11.1125		
nanas	8		12.9000	
pisang	8			14.9000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Pengaruh Lama Fermentasi

Duncan

hari	N	Subset		
		1	2	3
hari ke 5	6	7.5333		
hari ke 8	6		13.1500	
hari ke 6	6		13.2500	
hari ke 7	6			17.9500
Sig.		1.000	.771	1.000

5. Perhitungan Uji BNT Kadar Bioetanol

$$\begin{aligned} \text{BNT}_{0,05} &= t \times \sqrt{\frac{2 \text{ KT galat}}{\text{ulangan}}} \\ &= 2,12 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,338}{2}} \\ &= 2,12 \times 0,5813 \\ &= 1,23 \end{aligned}$$

Lampiran 3. Perhitungan Regresi Korelasi

1. Volume Bioetanol

a. Pisang

$$x = \frac{-b}{2a} = \frac{-75,218}{2(-5,4675)} = \frac{-75,218}{-10,935} = 6,88$$

$$\begin{aligned} y &= ax^2 + bx - c \\ &= -5,4675 (6,88)^2 + 75,218 (6,88) - 224 \\ &= -258,800832 + 517,49984 - 224 \\ &= 34,69 \end{aligned}$$

b. Nanas

$$x = \frac{-b}{2a} = \frac{-64,694}{2(-4,6813)} = \frac{-64,694}{-9,3626} = 6,90$$

$$\begin{aligned} y &= ax^2 + bx - c \\ &= -4,6813 (6,90)^2 + 64,694 (6,90) - 193,42 \\ &= -222,876693 + 446,3886 - 193,42 \\ &= 30,09 \end{aligned}$$

c. Pepaya

$$x = \frac{-b}{2a} = \frac{-58,441}{2(-4,2037)} = \frac{-58,441}{-8,4074} = 6,95$$

$$\begin{aligned} y &= ax^2 + bx - c \\ &= -4,2037 (6,95)^2 + 58,441 (6,95) - 176,81 \\ &= -203,04921925 + 406,16495 - 176,81 \\ &= 26,30 \end{aligned}$$

2. Kadar Etanol

a. Pisang

$$x = \frac{-b}{2a} = \frac{-41,27}{2(-3)} = \frac{-41,27}{-6} = 6,87$$

$$\begin{aligned} y &= ax^2 + bx - c \\ &= -3 (6,87)^2 + 41,27 (6,87) - 122,86 \\ &= -141,5907 + 283,5249 - 122,86 \\ &= 19,07 \end{aligned}$$

b. Nanas

$$x = \frac{-b}{2a} = \frac{-35,585}{2(-2,575)} = \frac{-35,585}{-5,15} = 6,90$$

$$\begin{aligned} y &= ax^2 + bx - c \\ &= -2,575 (6,90)^2 + 35,585 (6,90) - 106,39 \\ &= -122,59575 + 295,5365 - 106,39 \\ &= 16,55 \end{aligned}$$

c. Pepaya

$$x = \frac{-b}{2a} = \frac{-32,148}{2(-2,3125)} = \frac{-32,148}{-4,625} = 6,95$$

$$\begin{aligned} y &= ax^2 + bx - c \\ &= -2,3125 (6,95)^2 + 32,148 (6,95) - 97,253 \\ &= -111,69953125 + 223,4286 - 97,253 \\ &= 14,47 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Foto Penelitian



Pengambilan Sampel



Penimbangan Sampel



Penghalusan Sampel



Proses Fermentasi



Neraca Analitik



Destilator



Piknometer



pH meter





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

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Eman Suherman
 NIM : 13620007
 Program Studi : SI Biologi
 Semester : Ganjil/ Genap TA. 2017
 Pembimbing : Suyono, M.P
 Judul Skripsi :

Pengaruh Berbagai Jenis Substrat Limbah Buah dan
 Lama Fermentasi terhadap Volume dan Kadar Bioetanol.

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1	25 Januari 2017	Bab I :- Mencari literatur lain yang mendukung - menambahkan pentingnya Bioetanol	Sy
2	8 Februari 2017	Revisi Bab I :- Mempersingkat dan mempertajam latar belakang	Sy
3	27 Februari 2017	ACC Bab I	Sy
4	1 Maret 2017	Bab II: Memperbanyak hasil penelitian Jurnal	Sy
5	28 Maret 2017	Revisi Bab II: Melengkapi jurnal	Sy
6	7 April 2017	ACC Bab II	Sy
7	12 April 2017	Bab III: Konsultasi Variabel pengamatan	Sy
8	14 April 2017	ACC Bab III	Sy
9	1 Agustus 2017	Bab IV: Konsultasi data pengamatan	Sy
10	2 Oktober 2017	ACC Bab IV dan Bab V	Sy
11	17 April 2017	Konsultasi Agama: Marambah Ayat Integrasi	Sy
12	3 Oktober 2017	ACC Integrasi Al-Qur'an dan Sains	Sy

Pembimbing Skripsi,

Suyono, M.P.
 NIP. 19710622 200312 1 002

Malang, 16 Oktober 2017
 Ketua Jurusan,

ROMAIDI, M, Si., D. Sc
 NIP. 19810201 200901 1 019



Kedalaman Spiritual, Keagungan Akhlak, Keluasan Ilmu, Kematangan Profesional