

**PENGARUH VARIASI LIMBAH ORGANIK TERHADAP
PRODUKSI BIOALKOHOL DAN NILAI KALOR**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana
Teknik (S.T) pada program studi Teknik Lingkungan



Disusun oleh

AULIA PERMATA SARI

NIM: H95218046.

Dosen Pembimbing:

Ida Munfarida, M.Si.,M.T

Widya Nilandita M.KL

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

NAMA : Aulia Permata Sari

NIM : H95218046

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa, saya tidak melakukan plagiasi dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “ PENGARUH VARIASI LIMBAH ORGANIK TERHADAP PRODUKSI BIOALKOHOL DAN NILAI KALOR”. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 28 April 2023

Yang menyatakan,



(Aulia Permata Sari)

NIM. H95218046



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

**KEMENTERIAN AGAMA UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN AMPEL SURABAYA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300
E-Mail : saintek@uinsby.ac.id Website : www.uinsby.ac.id

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR**

Nama : Aulia Permata Sari
NIM : H95218046
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Limbah Organik Terhadap Produksi
Bioalkohol dan Nilai Kalor

Telah disetujui untuk pendaftaran Tugas Akhir

Surabaya, 10 April 2023

Dosen Pembimbing 1

Ida Munfarida, M.Si., MT
NIP. 198411302015032001

Dosen Pembimbing 2

Widya Nilandita, M.KL
NIP. 198410072014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Oleh,

NAMA : AULIA PERMATA SARI

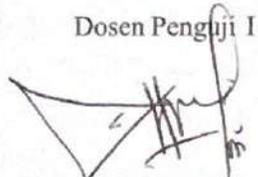
NIM : H95218046

JUDUL : PENGARUH VARIASI LIMBAH ORGANIK TERHADAP
PRODUKSI BIOALKOHOL DAN NILAI KALOR

Telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi
Surabaya, 17 April 2023

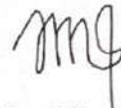
Mengetahui,
Dosen Penguji,

Dosen Penguji I



Ida Munfarida, M.Si., MT
NIP. 198411302015032001

Dosen Penguji II



Widya Nilandita, M.KL
NIP. 198410072014032002

Dosen Penguji III



Sulistiya Nengse, MT
NIP. 19901009202012219

Dosen Penguji IV



Teguh Taruna Utama, M. T
NUP. 201603319

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya




A. Saepul Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax 031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : AULIA PERMATASARI
NIM : H95218046
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : auliaprm452@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PENGARUH VARIASI LIMBAH ORGANIK TERHADAP PRODUKSI BIOALKOHOL DAN
NILAI KALOR

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 2 Mei 2023

Penulis

(AULIA PERMATA SARI)

ABSTRAK
PENGARUH VARIASI LIMBAH ORGANIK TERHADAP
PRODUKSI BIOALKOHOL DAN NILAI KALOR

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh limbah organik yang menyebabkan permasalahan pencemaran lingkungan. Salah satu contoh pemanfaatan limbah organik yaitu dapat digunakan sebagai sumber daya energi alternatif seperti bioalkohol. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui lama waktu fermentasi yang menghasilkan kadar alkohol terbaik, mengukur kandungan alkohol variasi limbah kulit pisang dan kulit nanas terhadap produksi bioalkohol, menentukan nilai kalor bioalkohol variasi limbah kulit pisang dan kulit nanas, menganalisis pengaruh variasi komposisi limbah organik kulit pisang dan kulit nanas terhadap produksi bioalkohol dan menganalisis pengaruh variasi komposisi limbah organik kulit pisang dan kulit nanas terhadap nilai kalor. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan metode yang digunakan untuk menganalisis data yaitu analisis grafik, deskriptif dan statistik. Analisis statistik nantinya akan menggunakan regresi. Beberapa proses pembuatan bioalkohol yang harus dilalui, yaitu melalui proses hidrolisis, fermentasi dan destilasi. Penelitian ini menggunakan variasi lama waktu fermentasi selama 7 hari dan 14 hari, serta variasi komposisi limbah kulit nanas dan kulit pisang yang berbeda. Pada variasi 1 (V1) menggunakan 100 gr kulit pisang dan 100 gr kulit nanas, sedangkan variasi 2 (V2) menggunakan 150 gr kulit pisang dan 50 gr kulit nanas. Hasil penelitian menunjukkan kadar alkohol terbaik dengan nilai 95% pada fermentasi 14 hari. Pada V1 diperoleh nilai 5%, 10%, 15%, 25%, 35%, 55%, 70%, 75% dan 92%. Pada V2 diperoleh kadar alkohol 10%, 20%, 25%, 40%, 50%, 60%, 65%, 78%, 80% dan 95%. Nilai kalor yang di dapatkan pada V1 sebesar 41,773 j/g, 43,015 j/g, 49,405 j/g dan 48,886 j/g. Pada variasi 2 di dapatkan nilai kalor sebesar 41,607 j/g, 41,477 j/g, 50,020 j/g dan 48,578 j/g. Hasil penelitian menunjukkan komposisi limbah kulit nanas dan kulit pisang berpengaruh terhadap kandungan nilai alkohol dan berpengaruh terhadap kandungan nilai kalor.

Kata kunci: Bioalkohol, Limbah Organik, Nilai Kalor

ABSTRACT
THE INFLUENCE OF ORGANIC WASTE VARIATIONS ON
BIOALCOHOL PRODUCTION AND CALOR VALUE

This research was driven by the organic waste causing environmental pollution problems. One example of the use of organic waste is that it can be used as an alternative energy resource such as bioalcohol. The objectives of this study were to determine the length of fermentation time that produces the best alcohol concentration, to measure the alcohol concentration of variations of banana peel and pineapple peel waste on bioalcohol production, to determine the calor value of bioalcohol variations of banana peel and pineapple peel waste, to analyze the effect of variations in the composition of organic waste banana peels and pineapple peels on the production of bioalcohol and to analyze the effect of variations in the composition of organic waste banana peels and pineapple peels on calorific values. The method used in this research was experimental methods and the methods used to analyze data were graphical, descriptive and statistical analysis. The statistical analysis used was regression. Some of the processes of making bioalcohol that must be followed, namely through the processes of hydrolysis, fermentation and distillation. This research used variations in the length of fermentation time for 7 days and 14 days and variations in the composition of pineapple peel waste and banana peels. Variation 1 (V1) used 100 g banana peel and 100 g pineapple peel, while variation 2 (V2) used 150 g banana peel and 50 g pineapple peel. The results showed that the highest alcohol concentration of 95% at 14th days fermentation. In V1, the values of 5%, 10%, 15%, 25%, 35%, 55%, 70%, 75% and 92%. In V2, the alcohol concentration were 10%, 20%, 25%, 40%, 50%, 60%, 65%, 78%, 80% and 95%. The calor values obtained in V1 were 41.773 j/g, 43.015 j/g, 49.405 j/g and 48.886 j/g. In V2, the calorific values obtained were 41.607 j/g, 41.477 j/g, 50.020 j/g and 48.578 j/g. The results showed that the composition of pineapple peel and banana peel waste have affected the concentration of alcohol and the calorific value.

Keywords: Bioalcohol, Calorific Value, Organic Waste

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR RUMUS	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1 Bagi Peneliti	5
1.4.2 Bagi Masyarakat.....	5
1.4.3 Bagi Pendidikan	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Bioalkohol	7
2.2 Limbah Organik	9
2.2.1 Kulit Pisang	11
2.2.2 Kulit Nanas.....	12
2.3 Ragi Tape (<i>Sacchoromyces cerevisiae</i>)	12
2.4 Nilai Kalor	14
2.5 Hidrolisis	15
2.6 Fermentasi	17
2.7 Destilasi	19
2.8 Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	28

3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	28
3.2	Objek penelitian	28
3.3	Kerangka Penelitian	29
3.4	Alat dan Bahan	29
3.5	Metode Penelitian.....	30
3.6	Rancangan Percobaan.....	31
3.6.1	Proses Hidrolisis.....	32
3.6.2	Proses Fermentasi.....	33
3.6.3	Proses Destilasi	35
3.6.4	Pengujian.....	36
3.7	Variabel Penelitian	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1.	Persiapan Pembuatan Bioalkohol.....	39
4.1.1	Proses Hidrolisis Enzim	42
4.1.2	Proses Fermentasi.....	44
4.1.3	Proses Destilasi	48
4.2	Pembahasan.....	50
4.2.1	Waktu Fermentasi	50
4.2.2	Uji Kadar Alkohol.....	52
4.2.3	Uji Nilai Kalor.....	65
BAB V KESIMPULAN		74
5.1	Kesimpulan.....	74
5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA		76
LAMPIRAN.....		85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	13
Gambar 2. 2 Struktur Selulosa.....	16
Gambar 2. 3 Alat Distilasi	19
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Flowchart Proses Hidrolisis.....	32
Gambar 3. 3 Flowchart Proses Fermentasi.....	34
Gambar 3. 4 Flowchart Proses Destilasi.....	35
Gambar 4. 1 Limbah kulit pisang dan kulit nanas	39
Gambar 4. 2 Menimbang bahan baku.....	40
Gambar 4. 3 (a) Memasukkan air ke dalam erlenmeyer	40
Gambar 4. 4 Pemasakan bahan baku limbah.....	41
Gambar 4. 5 Proses mendinginkan bubur.....	42
Gambar 4. 6 Penambahan enzim alfa amilase.....	42
Gambar 4. 7 (Menimbang ragi sebanyak 40 gr	44
Gambar 4. 8 Pemindahan bahan baku ke dalam botol plastik.....	46
Gambar 4. 9 Proses fermentasi	46
Gambar 4. 10 Pemisahan larutan dari residu	47
Gambar 4. 11 Alat destilasi	48
Gambar 4. 12 Hasil fermentasi.....	49
Gambar 4. 13 Proses destilasi.....	49
Gambar 4. 14 (a) Fermentasi 7 hari (b) fermentasi 14 hari	50
Gambar 4. 15 Grafik Hasil Destilasi	61
Gambar 4. 16 Bomb Calorimeter	65
Gambar 4. 17 Penimbangan Sampel Bioalkohol.....	66
Gambar 4. 18 Pemasangan Cawan pada Tabung Bomb.....	66
Gambar 4. 19 Penginjeksian Gas Oksigen ke dalam Tabung Bomb.....	67
Gambar 4. 20 Penambahan Air ke dalam Ember Baja	68
Gambar 4. 21 Peletakan Ember Baja ke dalam Bomb Calorimeter	68

DAFTAR TABEL

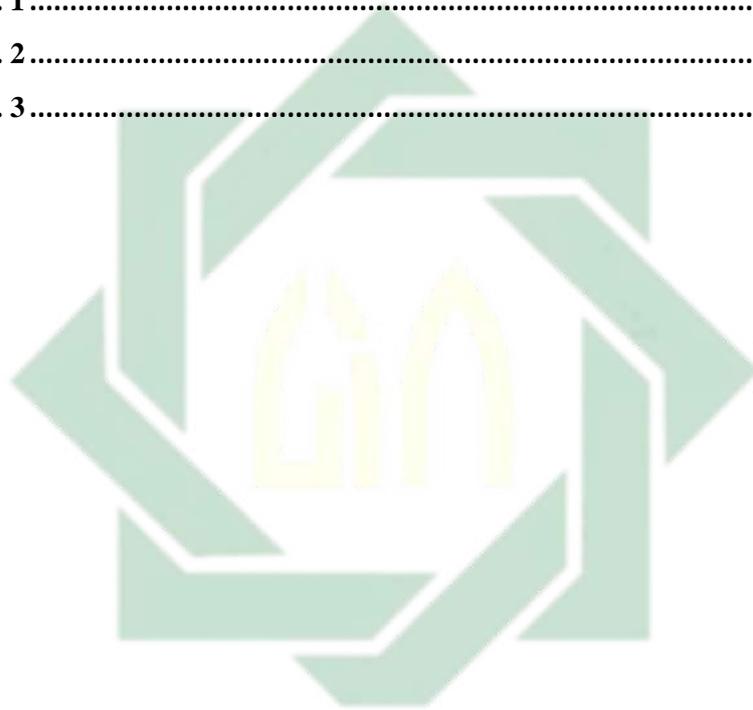
Tabel 2. 1 Komposisi Sel <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	14
Tabel 2. 2 Nilai Kalor Bahan Bakar	14
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu.....	21
Tabel 3. 2 Rancangan Percobaan.....	31
Tabel 4. 1 Hasil Kadar Alkohol dengan Lama Waktu Fermentasi.....	51
Tabel 4. 2 Kadar Alkohol Setelah Destilasi	52
Tabel 4. 3 Hasil Nilai Kalor Bahan Bakar Gasoline	69
Tabel 4. 4 Hasil Nilai Kalor	69



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR RUMUS

Rumus 2. 1	13
Rumus 2. 2	17
Rumus 4. 1	43
Rumus 4. 2	46
Rumus 4. 3	47



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan bahan sisa yang sudah tidak terpakai, bersumber baik dari sisa hasil kegiatan manusia maupun alam yang tidak bernilai ekonomis. Sampah memiliki bentuk yang beragam pada tiap fase materinya, yakni berupa padat, cair, dan gas. Apabila didasarkan pada sifatnya, sampah dikelompokkan membentuk dua jenis, yakni sampah organik (*degradable*) yang asalnya dari makhluk hidup serta bersifat sangat mudah terurai dan sampah anorganik (*undegradable*) yang asalnya dari benda-benda sangat sulit untuk terurai, seperti kantong plastik, kaleng, karet dan lain sebagainya. Dalam proses pengelolaan, sampah dapat dikelompokkan sesuai dengan kemudahannya untuk terurai, yang terdiri dari *reduce*, *reuse*, *recycle* dan *recovery*. *Reduce* ialah suatu upaya pengurangan pemanfaatan produk yang dapat memproduksi sampah. *Reuse* merupakan kegiatan memanfaatkan kembali beberapa barang yang masih dapat dipakai. *Recycle* ialah aktivitas modifikasi benda yang tidak memiliki manfaat menjadi barang yang berdaya guna, sedangkan *recovery* merupakan suatu usaha dalam memanfaatkan kembali bahan-bahan sisa yang masih dapat dimanfaatkan dengan baik (Damayanti, 2021). Dalam hal ini penanganan yang tepat untuk dilakukan adalah dengan *recovery* yang memanfaatkan sampah organik menjadi bioalkohol.

Bioalkohol merupakan bahan bakar yang bersih, dimana pembakaran yang dilakukan menghasilkan CO₂ dan H₂O. Sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan sebagai bioalkohol ini cukup mudah ditemui di berbagai daerah karena banyaknya ketersediaan sumber daya alam tersebut, sehingga mampu digunakan sebagai bahan bakar alternatif (Budiyono, 2014). Sumber daya alam yang mudah ditemukan serta proses pembuatannya yang menggunakan teknologi sederhana, maka bioalkohol dianggap sesuai untuk menggantikan bahan bakar minyak.

Bioalkohol dapat dihasilkan dari berbagai macam bahan baku yang mudah dijumpai di Indonesia, oleh karena itu bioalkohol sangat potensial untuk diolah dan dikembangkan. Limbah organik merupakan salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan menjadi bioalkohol, kandungan yang terdapat di dalam limbah organik antara lain selulosa, hemiselulosa, pati dan gula. Beberapa contoh dari limbah organik antara lain kulit buah seperti kulit pisang, kulit nanas, dan kulit kentang. Kulit pisang, kulit nanas dan kulit kentang, merupakan salah satu limbah organik yang memiliki kandungan pati dan selulosa yang tinggi (Susmiati, 2018)

Islam sebagaimana agama rahmatan lil-a'lamin sangat memperhatikan pemeliharaan lingkungan dan penyelamatan serta larangan perbuatan yang menimbulkan kerusakan di muka bumi sehingga berakibat fatal terhadap kehidupan manusia maupun makhluk lainnya. Dibawah ini adalah ayat Al-Quran yang menjelaskan mengenai penyelamatan lingkungan yang ditujukan kepada semua jenis kelamin baik laki-laki maupun perempuan . Al-Quran surat Al-Baqarah (2): 60 berikut ini yang menerangkan bahwa Allah memberikan rezeki serta nikmat-Nya kepada semua manusia dan melarang manusia berbuat kerusakan di muka bumi ini:

وَإِذْ أَسْتَسْقَىٰ مُوسَىٰ لِقَوْمِهِ فَقُلْنَا أُضْرِبْ بِعَصَاكَ الْحَجَرَ ۖ فَانفَجَرَتْ مِنْهُ اثْنَتَا عَشْرَةَ عَيْنًا ۗ قَدْ عَلِمَ كُلُّ أُنَاسٍ مَّشْرِبَهُمْ ۖ كَلُوا وَاشْرَبُوا مِن رِّزْقِ اللَّهِ وَلَا تَعْثَوْا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ

“...Dan (ingatlah) ketika Musa memohon air untuk kaumnya, lalu Kami berfirman: “Pukullah batu itu dengan tongkatmu,” lalu memancarlah daripadanya dua belas mata air. Sungguh tiap-tiap suku telah mengetahui tempat minumnya (masing-masing). Makan dan minumlah rezeki (yang diberikan) Allah, dan janganlah kamu berkeliaran di muka bumi dengan berbuat kerusakan....” (QS. Al Baqarah: 60)

Berdasarkan ayat di atas kita dapat mengetahui bahwasanya Allah SWT memberikan rezeki dan nikmat kepada umatnya, terutama manusia melalui hal-hal yang disediakan-Nya di muka bumi ini. Manusia hanya perlu mencari tahu

bagaimana cara memanfaatkan sumber daya alam yang ada di bumi ini agar dapat memenuhi kebutuhan manusia dengan catatan manusia tidak merusak lingkungan. Salah satu sumber daya yang sudah tidak terpakai dan tidak banyak dimanfaatkan adalah limbah organik.

Limbah organik yang tidak terpakai menyebabkan permasalahan seperti mencemari lingkungan dan menimbulkan bau tidak sedap. Seiring berkembangnya teknologi, maka pemanfaatan limbah organik sebagai bahan yang dibutuhkan sangat diperlukan. Salah satu contoh pemanfaatan limbah organik yaitu dapat digunakan sebagai sumber daya energi alternatif seperti bioalkohol. Beberapa proses pembuatan bioalkohol yang harus dilalui, yaitu melalui proses fermentasi dan didestilasi supaya mampu menghasilkan bioalkohol atau sumber daya energi alternatif yang ramah lingkungan (Handayani, 2017).

Salah satu limbah organik yang dapat dijadikan sebagai bioalkohol adalah limbah organik dari kulit buah seperti kulit pisang dan kulit nanas. Tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) sangat banyak dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan hidup manusia dan termasuk sebagai tanaman multiguna karena tidak hanya buahnya, bagian lainnya dari tanaman ini dapat dimanfaatkan, seperti bagian daun hingga bonggolnya (Devri dkk, 2020). Pada umumnya kulit pisang tidak begitu dimanfaatkan oleh masyarakat di Indonesia secara optimal dan hanya dibuang sebagai sampah dan pakan ternak saja. Limbah kulit pisang sangat mudah dijumpai di pasar dan pedagang-pedagang jajanan (Hendrawan dkk, 2018) Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai sumber biomass, merupakan sumber yang sangat potensial, khususnya kulit pisang kepok, memiliki kandungan pati sebesar 18,5 %. Kulit pisang kepok biasanya hanya dibuang, hal itu tentu saja berdampak pada permasalahan lingkungan. Kulit pisang dapat mencemari permukaan tanah karena dapat meningkatkan keasaman tanah. Oleh sebab itu untuk mengatasi permasalahan limbah kulit pisang serta meningkatkan nilai ekonomi dari nilai kulit pisang, yaitu dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan bioalkohol melalui proses fermentasi (Syamsul, 2019).

Menurut Herliati dkk (2018), penelitian yang telah dilakukan dengan pembuatan bahan baku kulit pisang menjadi bioalkohol memperoleh hasil tertinggi pada lama waktu fermentasi selama 6 hari dengan keasaman pH 4 dan suhu 40°C. Nilai kadar alkohol tertinggi yang dicapai 6,73 % dengan yield sebesar 86,35 %. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya memperoleh hasil dengan yield 78 %, sehingga hasil yang didapatkan kali ini jauh lebih baik. Limbah kulit nanas merupakan limbah organik yang memiliki kandungan nutrisi yang dapat dimanfaatkan. Apabila limbah kulit nanas dibiarkan begitu saja tanpa adanya penanganan yang tepat akan mencemari lingkungan. Berdasarkan kandungan nutrisinya, kulit buah nanas mengandung gula dan karbohidrat cukup tinggi. Menurut penelitian yang telah dilakukan, kulit nanas memiliki kandungan sebagai berikut: air 81,72%, serat kasar 20,87%, karbohidrat 17,53%, protein 4,41% dan gula reduksi sebesar 3,65%. Dengan adanya kandungan gula dan karbohidrat yang cukup tinggi, pemanfaatan kulit nanas sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia bioalkohol melalui proses fermentasi mungkin untuk dilakukan.

Menurut penelitian Kuniati dkk (2021) penelitian terhadap pembuatan bioalkohol dari limbah kulit nanas didapatkan hasil hidrolisis tertinggi yaitu hidrolisis enzimatis dengan konsentrasi 1%-2%. pH optimum pada proses fermentasi diperoleh pada rentang pH 1,5% - 2% serta lama waktu fermentasi optimal terjadi pada rentang waktu 48 jam hingga 96 jam. Kadar alkohol yang tinggi dihasilkan dari jumlah gula reduksi yang tinggi pula. Berdasarkan latar belakang tersebut maka diperlukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Limbah Organik Terhadap Produksi Bioalkohol dan Nilai Kalor”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahannya dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapakah lama waktu fermentasi yang dibutuhkan untuk memperoleh kadar alkohol terbaik?
2. Berapakah kadar alkohol variasi limbah kulit pisang dan kulit nanas terhadap produksi bioalkohol?

3. Berapakah nilai kalor bioalkohol variasi limbah organik kulit pisang dan kulit nanas?
4. Bagaimana pengaruh variasi komposisi limbah organik kulit pisang dan kulit nanas terhadap produksi bioalkohol?
5. Bagaimana pengaruh bioalkohol variasi limbah organik kulit pisang dan kulit nanas terhadap nilai kalor?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui lama waktu fermentasi yang menghasilkan kadar alkohol terbaik.
2. Mengukur kandungan alkohol variasi limbah kulit pisang dan kulit nanas terhadap produksi bioalkohol.
3. Menentukan nilai kalor bioalkohol variasi limbah kulit pisang dan kulit nanas.
4. Menganalisis pengaruh variasi komposisi limbah organik kulit pisang dan kulit nanas terhadap produksi bioalkohol.
5. Menganalisis pengaruh variasi komposisi limbah organik kulit pisang dan kulit nanas terhadap nilai kalor.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Peneliti

Menambah wawasan dan pengetahuan mengenai pemanfaatan limbah organik mengenai produksi bioalkohol sebagai salah satu sumber daya energi alternatif.

1.4.2 Bagi Masyarakat

Memberikan informasi terkait hasil pemanfaatan dari limbah organik sebagai sumber daya energi alternatif kepada masyarakat secara luas.

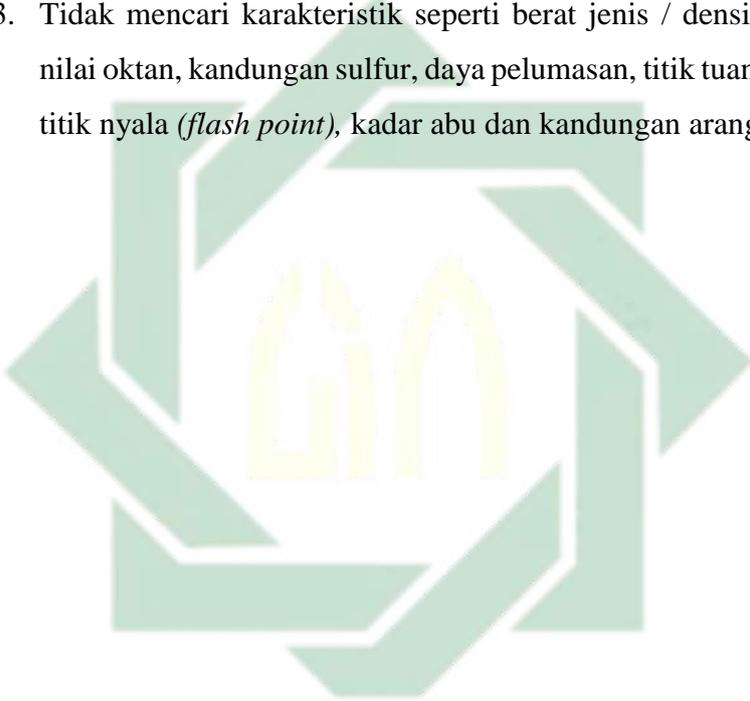
1.4.3 Bagi Pendidikan

Sebagai referensi serta acuan yang dapat digunakan dalam mengembangkan penelitian selanjutnya terkait dengan sumber daya energi alternatif.

1.5 Batasan Masalah

Agar masalah yang diteliti tidak meluas, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sifat-sifat dan komposisi kimia kedua komponen dari hidrolisis dan fermentasi.
2. Karakteristik bahan bakar yang digunakan hanya nilai kalor.
3. Tidak mencari karakteristik seperti berat jenis / densitas, viskositas, nilai oktan, kandungan sulfur, daya pelumasan, titik tuang (*pour point*), titik nyala (*flash point*), kadar abu dan kandungan arang.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioalkohol

Alkohol terbagi menjadi empat yaitu, etanol, metanol, propanol dan butanol. Keempat alkohol jenis ini seringkali dijadikan sebagai bahan bakar dikarenakan alkohol tersebut mampu disintesis baik melalui proses biologi maupun kimia, serta alkohol jenis ini memiliki karakteristik yang dapat digunakan pada mesin-mesin modern yang ada pada saat ini. Angka oktan yang tinggi menjadi salah satu keuntungan yang dimiliki keempat jenis alkohol ini. Angka oktan yang tinggi mampu meningkatkan efisiensi bahan bakar sehingga kepadatan energi yang rendah dapat tertutupi (jika dibandingkan dengan bensin/diesel) (Ananda, 2016).

Bioalkohol merupakan alkohol yang diproduksi menggunakan bantuan mikroorganisme secara biologi yang hasilnya didapatkan melalui proses fermentasi. Dikarenakan pembuatannya melibatkan proses biologis maka produk alkohol yang dihasilkan diberi nama bioalkohol. Bioalkohol menjadi alternatif bahan bakar pengganti minyak bumi. Meskipun sumber energi dunia di dominasi bahan bakar fosil, bioalkohol sudah sejak zaman lampau digunakan sebagai bahan bakar oleh manusia (Handayani, 2017).

Bioalkohol sangat potensial untuk diolah dan dikembangkan, karena dapat dihasilkan dari berbagai macam bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia. Tanaman yang berpotensi untuk memproduksi bioalkohol adalah tanaman yang memiliki kadar karbohidrat tinggi seperti bonggol pisang, kulit pisang, sorgum, kelapa, kulit nangka, aren, nanas (limbah kulit nanas), ubi kayu, jagung, ampas tebu, bonggol jagung, jerami (Ananda, 2016). Kualitas produksi bioalkohol dengan limbah organik sangat dipengaruhi oleh lama waktu fermentasi yang digunakan pada proses fermentasi.

Kendaraan yang menggunakan bahan bakar campuran bioalkohol kerja mesinnya lebih bagus, dapat membuat kendaraan sanggup menempuh jarak lebih jauh. Syaratnya, bioalkohol yang digunakan untuk campuran harus murni

99,5%, artinya nyaris tak tercampur zat lain. Pernah dilakukan sebuah uji coba pada dua buah motor. Satu motor diisi 1 liter bensin di campur bioalkohol sedang motor yang satunya diisi 1 liter bensin murni, motor dengan bensin yang dicampur bioalkohol mampu menempuh jarak 47 km sedang motor yang berbensin murni hanya menempuh 40 km. Gas buang bioalkohol lebih sedikit polusinya. Hal Itu karena gas buang bioalkohol melepas karbondioksida lebih banyak daripada karbonmonoksida. Karbondioksida adalah zat yang diperlukan oleh tumbuhan untuk memasak makanan, sedangkan gas buang bensin banyak mengandung karbonmonoksida yang dapat menyebabkan polusi dan merugikan kesehatan mahluk hidup (Huda, 2017).

- **Manfaat Bioalkohol**

Bioalkohol pada kehidupan sehari-hari dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, dikategorikan dalam ramah lingkungan karena nilai oktan yang dimiliki cukup tinggi. Berikut ini merupakan beberapa manfaat dari bioalkohol:

a. Sebagai bahan bakar kendaraan bermotor.

Menurut Yudistirani dkk (2018), alkohol berfungsi sebagai *octane booster*, dimana alkohol dapat meningkatkan angka oktan dengan dampak positif mengurangi kerusakan pada mesin serta terhadap efisiensi bahan bakar. Fungsi yang lain adalah *oxygeneating agent*, dimana alkohol dapat menyempurnakan pembakaran bahan bakar melalui efek positif meminimalisir pencemaran udara yang terjadi karena terdapat kandungan oksigen di dalamnya. Alkohol juga berfungsi sebagai *fuel extender*, yaitu alkohol dapat menghemat bahan bakar fosil.

b. Sebagai bahan dasar minuman beralkohol.

Menurut Santi (2008) alkohol menjadi bahan alami dari hasil proses fermentasi yang banyak dijumpai dalam bentuk spiritus, bir, anggur dan lainnya. Tanpa proses destilasi biasanya minuman beralkohol yang dihasilkan memiliki kadar alkohol antara 3 %- 18 %. Hasil fermentasi seringkali didestilasi agar menghasilkan kadar alkohol yang cukup

tinggi. Kadar alkohol yang dihasilkan memiliki kadar antara 29 % - 50 %.

c. Sebagai bahan dasar kimia senyawa organik.

Menurut Shiddiq (2006) Alkohol memiliki manfaat sebagai pelarut yang paling baik pada lingkungan. Dipergunakan sebagai pelarut yang utama dalam banyak senyawa organik, salah satunya minyak atsiri yang digunakan sebagai bahan pembuatan parfum yang utama (Ansel's dalam Shiddiq, 2006)

d. Sebagai antiseptik.

Menurut Asngad dkk (2018) antiseptik yang sering digunakan oleh masyarakat sebagai media mencuci tangan adalah *handsanitizer*. *Handsanitizer* memiliki kelebihan membunuh kuman dalam waktu relatif cepat, karena mengandung senyawa alkohol (etanol, propanol, isopropanol) dengan konsentrasi \pm 60 % - 80 % dan golongan fenol (klorheksidin, triklosan). Sebagai antiseptik alkohol tidak memiliki aktivitas terhadap virus dan jamur, tetapi hanya mempunyai aktivitas bakterisidal saja. Selain sebagai desinfektan, alkohol dalam *handsanitizer* juga mampu membantu melarutkan triklosan.

e. Sebagai pelarut untuk parfum dan cat.

Etil alkohol merupakan bahan pelarut yang baik untuk parfum. Bahan pelarut ini berfungsi untuk menurunkan konsentrasi zat pewangi, sehingga pada konsentrasi tertentu dalam parfum. Pada dasarnya alkohol dimanfaatkan dalam formula isi parfum agar bibit minyak wangi dapat larut serta meningkatkan volume parfum, mengingat mahalnya harga bibit parfum serta takaran jualnya dalam milimeter (Yudistirani dkk, 2018).

2.2 Limbah Organik

Limbah organik merupakan limbah yang mudah membusuk atau dapat diuraikan dengan mudah. Karbon termasuk salah satu unsur yang terkandung dalam limbah organik. Dalam kehidupan sehari-hari limbah organik sangat

mudah ditemui, contohnya yaitu kulit buah dan sayur, kotoran hewan dan manusia (Damayanti Z, 2021). Terdapat dua jenis limbah organik diantaranya:

1. Limbah organik basah

Limbah organik basah merupakan sampah yang memiliki cukup tinggi kandungan air didalamnya. Contohnya: kulit buah dan sayuran atau daun-daunan.

2. Limbah organik kering

Limbah organik kering, yaitu sampah yang memiliki kandungan air yang cukup rendah. Contohnya: tempurung kelapa, kayu, serbuk gergaji, kulit telur, kertas/kardus, sisik ikan, serbuk gergaji, dan sebagainya.

Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, jumlah timbunan sampah nasional pada tahun 2020 mencapai 36,74 juta ton/tahun, dengan 68,05 % sampah dapat dikelola. Hasil data yang disajikan dalam SIPSN ini menggambarkan masing-masing daerah mengenai tingkat pengelolaan sampah. Data SIPSN menunjukkan gambaran, bahwa sampah organik berupa limbah biomassa dan sisa makanan masih menjadi limbah yang paling banyak hingga sekitar 54,5 % secara nasional, bahkan mencapai lebih dari 60 % di beberapa daerah (Damayanti Z, 2021).

Limbah organik bisa menyebabkan banyak dampak permasalahan lingkungan, seperti mengotori lingkungan, kumuh dan menimbulkan bau tidak sedap. Untuk mengatasi permasalahan diatas, dalam penelitian ini peneliti menggunakan limbah organik yang berasal dari kulit buah yang tidak layak di konsumsi sebagai bahan baku pembuatan bioalkohol. Kandungan yang dimiliki kulit buah yaitu kadar selulosa yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioalkohol. Kandungan karbohidrat dalam limbah organik memiliki nilai 60 % serta komponen selulosa pada karbohidrat tersebut digunakan dalam proses fermentasi untuk menghasilkan bioalkohol (Damayanti Z, 2021).

2.2.1 Kulit Pisang

Kulit pisang menjadi salah satu potensi bahan baku yang mampu menghasilkan bioalkohol. Tanaman Pisang merupakan buah yang banyak tumbuh di daerah-daerah di Indonesia. Pada tahun 2016 produksi pisang di Indonesia mencapai 7 juta ton pisang. Sebagian besar pisang-pisang ini dikonsumsi di dalam negeri. Tingginya angka konsumsi tersebut juga menunjukkan tingginya kebutuhan masyarakat Indonesia akan buah pisang. Hal ini dapat menimbulkan dampak baru bagi lingkungan sekitar, yaitu limbah kulit pisang yang juga tinggi dan tidak termanfaatkan (Andhayani, 2018).

Limbah kulit pisang memiliki kandungan karbohidrat sebesar 18,5 %, sehingga pemanfaatan kulit pisang sebagai bioalkohol merupakan bahan baku yang sangat potensial. Limbah kulit pisang kepek mengandung monosakarida terutama glukosa sebesar 8,16 %. Oleh karena itu limbah kulit pisang kepek berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi. Kulit pisang memiliki kandungan unsur gizi cukup lengkap, antara lain seperti lemak, kalsium karbohidrat, zat besi, protein, fosfor, air serta beberapa vitamin seperti B dan C. Semua unsur tersebut dapat digunakan sebagai sumber energi juga antibodi bagi tubuh manusia (Andhayani, 2018). Komposisi kulit pisang dapat dilihat pada **tabel 2.1**

Tabel 2. 1 Kandungan Kulit Pisang Kepek

Unsur	Komposisi (%)
Air	69,80 %
Karbohidrat	18,50 %
Lemak	2,11 %
Kalsium	0,32 %
Protein	715 mg/100 gr
Pospor	117 mg/100 gr
Besi	0,6 mg/100 gr
Vitamin B	0,12 mg/100 gr
Vitamin C	17,5 mg/100 gr

Sumber: (Setiawati dkk, 2013)

2.2.2 Kulit Nanas

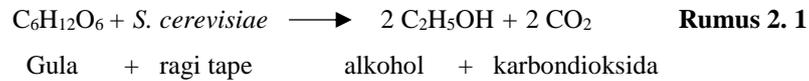
Nanas (*Ananas comosus*), termasuk dalam satu komoditas buah unggulan ketiga di Indonesia. Indonesia menjadi penghasil nanas terbesar di Asia Tenggara setelah Filipina dan Thailand. Pada tahun 2015 produksi nanas di Indonesia mencapai 1,76 juta ton, pada tahun 2016 produksi nanas sebesar 1,85 juta ton dan pada tahun 2020 diperkirakan mencapai 2,08 juta ton produksi. Kulit nanas mempunyai beberapa kandungan, antara lain abu sebesar 3,8257, serat kasar sebesar 27,0911 %, bahan kering sebesar 88,9503 % , protein kasar sebanyak 8,7809 % dan lemak kasar sebesar 1,1544 % (Nurhayati, 2018).

Gula reduksi merupakan golongan gula yang dapat mereduksi senyawa-senyawa yang tergolong sebagai penerima elektron. Semua disakarida dan monosakarida (kecuali sukrosa) berperan sebagai gula pereduksi. Ada tidaknya gugus hidrosil yang bersifat reaktif menentukan ada tidaknya sifat pereduksi dari suatu molekul gula.. Sedangkan limbah kulit nanas memiliki kandungan 81,72 % air, 20,87 % serat kasar, 17,53 % karbohidrat, 4,41 % protein dan 13,65 % gula reduksi (Wijana dkk, 1991). Beberapa kandungan tersebut mengindikasikan bahwa kulit nanas mampu dijadikan bahan baku sebagai bioalkohol (Nurhayati, 2018).

2.3 Ragi Tape (*Saccharomyces cerevisiae*)

Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) sejak lama telah digunakan dalam industri minuman beralkohol dan industri alkohol. Ragi ini memiliki kemampuan dalam memfermentasi glukosa menjadi etanol. Jenis mikroba tersebut dapat mengubah cairan yang memiliki kandungan gula menjadi alkohol dengan gas CO₂ secara efisien dan cepat. Terjadi serangkaian reaksi yang memiliki sifat merombak suatu bahan tertentu dan menghasilkan energi serta serangkaian reaksi lain yang memiliki sifat mensintesis senyawa tertentu dengan energi yang dibutuhkan. Pada proses fermentasi penguraian bahan-bahan karbohidrat tidak menimbulkan bau busuk dan menghasilkan gas karbondioksida. Suatu fermentasi yang menimbulkan bau busuk termasuk fermentasi yang mengalami kontaminasi (Yuniarti dkk, 2018).

Pembentukan alkohol melalui fermentasi dari gula dilakukan oleh mikroba (*Saccharomyces cerevisiae*) dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:



Gambar 2. 1 *Saccharomyces cerevisiae*

Sumber: (Septriani, 2009)

Penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai proses fermentasi dilandaskan pada:

1. Daya fermentasi yang dimiliki tinggi.
2. Kemudahan penggunaan dalam fermentasi.
3. Produk yang dihasilkan memiliki selektifitas tinggi
4. Memiliki kemampuan menggunakan berbagai jenis gula seperti fruktosa, sukrosa, galaktosa, glukosa, maltose dan maltotrisa.

Saccharomyces cerevisiae adalah genus khamir/yeast/ragi yang mempunyai kemampuan merubah glukosa menjadi alkohol dan CO₂. *Saccharomyces cerevisiae* termasuk dalam kelompok *eumycetes*, merupakan suatu mikroorganisme bersel satu yang tidak berklorofil. Pada suhu 30° C dan pH 4,8 *Saccharomyces cerevisiae* dapat berkembang dengan baik. Adapun kelebihan *Saccharomyces cerevisiae* pada proses fermentasi yaitu tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi serta tahan terhadap suhu tinggi, mikroorganisme ini sangat cepat berkembang biak dan memiliki sifat yang tidak berubah-ubah serta cepat beradaptasi (Yuniarti dkk, 2018). Berikut ini adalah komposisi sel *Saccharomyces cerevisiae* dapat dilihat pada **tabel 2.2**

Tabel 2. 2 Komposisi Sel *Saccharomyces cerevisiae*

No.	Senyawa	Jumlah
1.	Abu	5,0–9,5
2.	Asam Nukleat	6,0-12,0
3.	Nitrogen	7,5-8,5
4.	Lemak	2,0-6,0

Sumber: (Yuniarti dkk. 2018)

2.4 Nilai Kalor

Nilai kalor atau *heating value* merupakan jumlah energi yang dilepaskan dalam proses pembakaran persatuan massa atau persatuan volumenya. Jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu dapat ditentukan oleh nilai kalor bahan bakar. Semakin tingginya nilai kalor bahan bakar menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut semakin sedikit dalam pemakaian bahan bakar. Penentuan nilai kalor bahan bakar didasarkan pada hasil pengukuran menggunakan kalorimeter, dilakukan dengan membakar bahan bakar dengan kondisi udara pada temperatur normal, sementara itu dilakukan pengukuran jumlah kalor yang terjadi sampai temperatur dari gas hasil pembakaran turun kembali ke temperatur normal (Sulastriani, 2018).

Tabel 2. 3 Nilai Kalor Bahan Bakar

Bahan Bakar	Kal/g
Kayu	3.990-4.420
Arang kayu	7.260
Batu bara lignit	3.328-3.339
Batu bara sub-bitumina	5.289-5.862
Batu barabitumina	5.650-8.200
Lemak hewan	9.500
Minyak nabati	9.300-9.500
Alkohol	6.456
Aspal	5.295
Minyak mentah	10.419-10.839
Minyak bunker	10.283-10.764
Solar	10.667

Bahan Bakar	Kal/g
Minyak tanah	11.006
Bensin	11.528

Sumber: (Koesoemadinata, 1980)

Tabel 2. 4 Perbandingan Nilai Kalor Komponen Sampah

Sampah Makanan dan Pasar	Kal/g
Makanan tercampur	5162,21
Daun pembungkus	4638,37
Batok & gambut kelapa	4684,11
Sayur	4568,29
Ikan	5837,12
Lemak	9891,62
Daging	7154,78
Tulang	4464,42
Buah	5064,86
Sampah Kebun	Kal/g
Daun	3998,02
Rumput	4153,51
Cabang pohon/ranting	4715,66

Sumber: (Damanhuri, 2010)

Pada saat bahan bakar mengalami pembakaran sempurna, hidrogen yang terdapat dalam bahan bakar bereaksi dengan oksigen dari udara membentuk molekul air dan bercampur dengan produk pembakaran yang lain. Jika hasil pembakaran didinginkan dan uap air terkondensasi menjadi cairan, maka yang terukur adalah *Higher Heating Value* (HHV atau nilai kalori kasar) dan jika kandungan air dari hasil pembakaran tetap dalam fase gas, maka yang terukur adalah *Lower Heating Value* (LHV atau nilai kalori bersih) (Robinson, 2006).

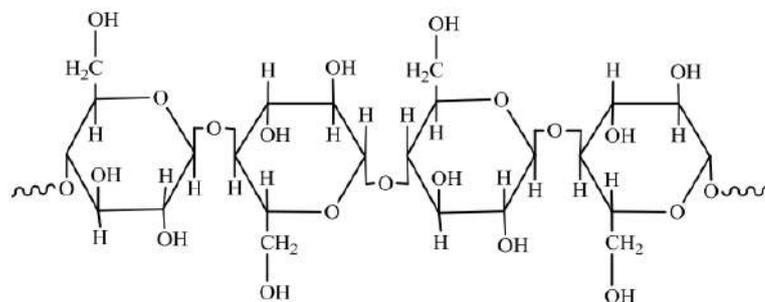
2.5 Hidrolisis

Menurut Ciptasari dkk (2015), hidrolisis adalah proses pemecahan polisakarida pada biomassa lignoselulosa, yakni selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula penyusunnya. Hanya beberapa reaksi hidrolisis yang dapat terjadi antara air dengan komponen organik di dalam kondisi normal. Penambahan enzim, basa atau asam pada umumnya dilakukan agar dapat

terjadi reaksi hidrolisis jika efek hidrolisis tidak terjadi setelah kondisi pemberian air.

Hidrolisis enzimatik, merupakan hidrolisis dengan menggunakan enzim sebagai bantuan yang dihasilkan pada mikroorganisme tertentu. Dibandingkan hidrolisis asam, kemungkinan yang diberikan proses hidrolisis enzimatik ini lebih tinggi. Hidrolisis asam merupakan hidrolisis yang menggunakan bantuan asam sebagai katalis. Beberapa asam yang umum digunakan sebagai hidrolisis antara lain adalah asam perklorat, asam sulfat (H_2SO_4), dan HCl. Hidrolisis asam dibedakan menjadi dua, yaitu hidrolisis asam encer dan hidrolisis asam pekat. Hidrolisis menggunakan asam pekat menggunakan konsentrasi asam yang sangat tinggi (30 % - 70 %), akan tetapi dapat dilakukan pada suhu yang rendah. Proses ini juga bersifat korosif karena adanya pengenceran dan pemanasan asam. Sedangkan hidrolisis dengan asam encer korofisitasnya lebih rendah karena konsentrasi asam yang digunakan lebih rendah. Namun gula yang dihasilkan tidak optimal dan dapat menghambat pembentukan alkohol pada proses fermentasi. (Taherzadeh dkk., 2003)

Beberapa keuntungan dari hidrolisis enzimatik dibandingkan hidrolisis dengan asam, antara lain kondisi proses yang lebih rendah (suhu rendah) tidak terjadinya degradasi gula hasil hidrolisis, biaya pemeliharaan peralatan relatif rendah karena tidak ada bahan yang bersifat korosif serta berpotensi memberikan hasil yang tinggi. Glukosa dapat diproduksi dari selulosa melalui proses hidrolisis, yakni pemecahan suatu molekul karena pengikatan air, menghasilkan molekul-molekul yang lebih kecil (Zhou dkk, 2010).



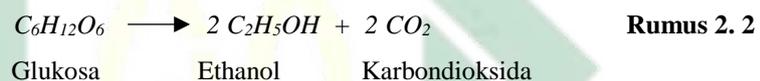
Gambar 2. 2 Struktur Selulosa

Sumber: (Zhou dkk, 2010)

2.6 Fermentasi

Menurut Nurdyastuti dkk (2005), proses fermentasi digunakan untuk mengubah glukosa menjadi alkohol dengan menggunakan ragi. Kadar alkohol yang diperoleh melalui proses fermentasi ini biasanya alkohol dengan kadar 8 % – 10 %. Ragi dianggap sebagai bahan yang pada umumnya digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan alkohol. Organisme yang berperan yaitu *Saccharomyces cerevisiae* (ragi) untuk pembuatan tape, roti atau minuman keras (Aswantihan dkk. 2013).

Sukmati dkk (2009) menggambarkan bahwa fermentasi gula oleh ragi *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan etil alkohol dan CO₂ melalui reaksi sebagai berikut:



Lama waktu fermentasi yang diperlukan tergantung ragi jenis apa yang digunakan, jenis atau bahan baku yang digunakan (Nasrun dkk. 2015). Berakhirnya suatu produksi gas CO₂, karbon-dioksida merupakan berakhirnya proses fermentasi. Berkurangnya kadar alkohol yang dihasilkan setelah mencapai puncak tertingginya pada waktu yang optimum juga menjadi indikasi berhentinya proses fermentasi yang dilakukan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi bioalkohol adalah sebagai berikut:

a. Media

Pada umumnya bahan utama yang memiliki kandungan senyawa organik terutama pati dan glukosa mampu dijadikan sebagai substrat pada proses fermentasi bioalkohol.

b. Keasaman (pH)

Tingkat keasaman sangat berpengaruh dalam perkembangan bakteri. Kondisi keasaman yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah 4-5.

c. Nutrisi

Sumber nutrisi yang dibutuhkan *Saccharomyces cerevisiae* tidak hanya sumber karbon tetapi juga memerlukan sumber vitamin, mineral dan nitrogen dalam perkembangannya. *Saccharomyces cerevisiae* sebagian besar pada umumnya memerlukan vitamin seperti thiamin dan biotin yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya. *Saccharomyces cerevisiae* seperti kalium, sulfur, fosfat, dan sejumlah kecil senyawa tembaga dan besi juga membutuhkan beberapa mineral untuk pertumbuhannya.

d. Suhu

Suhu dalam fermentasi berpengaruh dalam menentukan jenis mikroba yang mendominasi selama fermentasi. Setiap mikroorganisme mempunyai suhu pertumbuhan optimal, yaitu suhu yang memberikan perkembangan secara cepat dan pertumbuhan terbaik. Ragi akan bekerja secara optimal pada suhu 30°C ragi dan kadar alkohol yang dihasilkan akan lebih tinggi.

e. Oksigen

Selama proses fermentasi udara atau oksigen harus diatur sebaik mungkin agar menghambat atau memperbanyak mikroba tertentu. Setiap mikroba membutuhkan oksigen yang berbeda-beda jumlahnya untuk membentuk sel-sel baru atau pertumbuhan serta untuk fermentasi. Misalnya ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*) akan tumbuh lebih baik pada keadaan aerobik, tetapi akan melakukan fermentasi terhadap gula jauh lebih cepat pada keadaan anaerobik.

f. Waktu Fermentasi

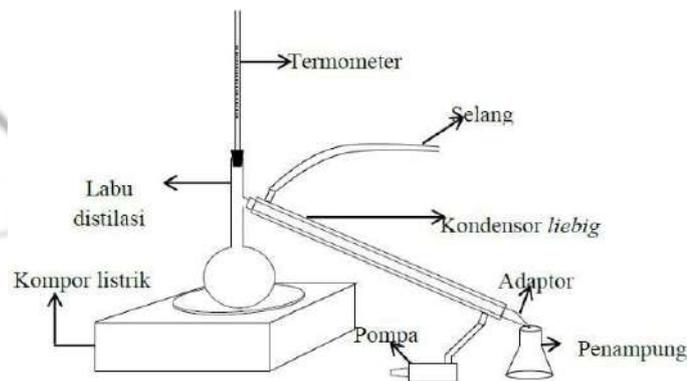
Lama waktu fermentasi yang baik umumnya berkisar antara 3 hari sampai 14 hari. Alkohol yang dihasilkan akan berjumlah sedikit jika waktu yang ditentukan terlalu cepat karena *S. cerevisiae* masih dalam tahap pertumbuhan, akan tetapi *Saccharomyces cerevisiae* akan mati jika terlalu lama dan alkohol yang dihasilkan tidak maksimal.

g. Alkohol

Alkohol dapat diproduksi melalui bantuan aktivitas mikroba dari tanaman yang mempunyai banyak kandungan pati. Bioalkohol merupakan senyawa organik yang memiliki kandungan gugus hidroksida. Beberapa sifat bioalkohol antara lain yaitu mudah terbakar, mudah menguap, cairannya tidak berwarna alias bening, memiliki bau khas, dan mudah larut dalam khloroform, air, ether dan aseton.

2.7 Destilasi

Destilasi atau penyulingan dapat diartikan sebagai suatu proses pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kemudahan menguap (*volatility*) bahan atau kecepatan dapat didefinisikan juga sebagai teknik pemisahan kimia berdasarkan perbedaan titik didih. Pada tahap penyulingan, campuran zat dipanaskan hingga mendidih sampai menguap, uap inilah yang nantinya akan didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Penguapan akan terjadi pada zat yang mempunyai titik didih rendah. Metode ini termasuk unit dalam operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya (Yuswanto dkk. 2015).



Gambar 2. 3 Alat Distilasi

Sumber: (Sulastriani, 2018)

Menurut Sumampouw dkk (2015), Berikut ini merupakan jenis destilasi yang banyak digunakan secara umum:

1. Destilasi Sederhana

Destilasi sederhana merupakan destilasi yang pemisahannya berdasarkan perbedaan titik didih yang jauh atau dengan komponen yang bersifat volatil pada salah satunya. Jika larutan dipanaskan maka zat yang mempunyai titik didih paling kecil akan menguap terlebih dahulu. Destilasi sederhana digunakan untuk membagi larutan air dan alkohol.

2. Destilasi Uap

Destilasi uap seringkali dipakai dalam larutan sintesis dengan titik didih kurang lebih 200°C . Destilasi uap mampu menguapkan senyawa dengan suhu yang mendekati 100°C pada air mendidih ataupun tekanan atmosfer dengan uap.

3. Destilasi Azeotrop

Destilasi Azeotrop adalah suatu teknik pemisahan campuran azeotrop yang dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memecahkan ikatan azeotrop tersebut. Azeotrop merupakan campuran dua atau lebih komponen pada komposisi tertentu dimana komposisi tersebut tidak dapat berubah hanya melalui destilasi biasa.

4. Destilasi Bertingkat

Destilasi bertingkat adalah pembagi struktur cair menurut perbedaan titik didihnya dari dua atau lebih dari suatu campuran. Destilasi bertingkat dapat juga digunakan pada larutan dengan perbedaan titik didih kurang dari 20°C yang bekerja pada dengan tekanan rendah ataupun tekanan atmosfer.

5. Destilasi Vakum

Destilasi vakum adalah destilasi pada umumnya yang digunakan pada larutan yang ingin didestilasi tidak normal, yakni terjadi pembusukkan sebelum dan mendekati titik didihnya ataupun dengan larutan bertitik didih kurang dari 150°C .

6. Destilasi Kering

Destilasi kering adalah destilasi yang umumnya dimanfaatkan sebagai pembersihan zat-zat kimia. Bahan padat pada proses destilasi ini

dipanaskan hingga akhirnya menghasilkan produk-produk dalam bentuk cairan atau gas, produk tersebut disaring dan pada saat itu mereka berkondensasi dan kemudian dikumpulkan. Suhu yang digunakan destilasi kering lebih tinggi dibandingkan destilasi lainnya.

2.8 Penelitian Terdahulu

Berikut ini daftar penelitian terdahulu yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini:

Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis	Judul	Hasil
1	Surya, 2020.	Potensi Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Produksi Bioetanol Secara Fermentasi .	Bahan organik yang memiliki kandungan gula dapat di proses melalui fermentasi menjadi bioetanol. Proses hidrolisis dapat secara enzimatik ataupun kimia. Khamir, jamur dan bakteri mampu digunakan dalam proses fermentasi. Destilator yang paling baik digunakan pada proses destilasi untuk memisahkan destilat dan etanol adalah model reflux. Pengukuran kadar etanol paling akurat digunakan instrumen kromatografi massa gas (GC-MS).
2	Rizal, 2021.	Pengaruh Pembuatan Bahan Bakar Bioethanol dari Murbei Terhadap Nilai Kalor dan Kadar Alkohol	Penelitian ini menggunakan metode hidrolisis, fermentasi dan distilasi untuk mengambil nilai kadar alkohol selanjutnya dengan hasil yang didapat diujikan untuk mengambil nilai kalor. Pada penelitian ini proses fermentasi hari hari ke-7 sebesar 45 % dan untuk lama fermentasi hari ke-14 menghasilkan kadar alkohol

No.	Nama Penulis	Judul	Hasil
			<p>sebesar 50 %. Maka hasil alkohol tertinggi dari proses destilasi pada hari ke-14 sebesar 50 %. Nilai kalor yang terkandung pada alkohol dari buah murbei dengan variasi lama waktu fermentasi 7 hari sebesar 2406,456 kal/gram. Sedangkan untuk variasi 14 hari sebesar 2837,21 kal/gram. Maka hasil nilai kalor tertinggi pada proses fermentasi 14 hari sebesar cal/gram.</p>
3	Suriani dkk, 2022.	<p>Pengaruh Konsentrasi Ragi Terhadap Volume Bioalkohol Kulit Pisang Barangan (<i>Musa paradisiaca</i>)</p>	<p>Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak lengkap (RAL) dengan 5 (lima) perlakuan dan 3 (tiga) perlakuan ulangan sehingga total ada 15 percobaan. Parameter yang diamati adalah volume bioalkohol dalam bentuk cairan hasil metabolit kulit pisang barangan (<i>Musa paradisiaca</i>) setelah difermentasikan dengan ragi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan terhadap volume bioalkohol yang dihasilkan, hal ini dapat dilihat melalui hasil analisis data (CDR) yang sangat berpengaruh dimana $F_{hitung} > F_{table}$ maka H_0 di tolak dan H_a di terima. Hasil analisis data pengaruh konsentrasi ragi terhadap volume bioalkohol kulit pisang (<i>musa paradisiaca</i>) berpengaruh nyata. Hal ini</p>

No.	Nama Penulis	Judul	Hasil
			dibuktikan dengan nilai F hitung (5,27) > F table (3,48). Dengan demikian, Ha diterima.
4	Hariyanto, 2020.	Proses Pembuatan Bahan Bakar Bioethanol dari <i>Muntingia calabura</i> Terhadap Nilai Kalor dan Kadar Alkohol	Proses yang akan digunakan adalah metode hidrolisis, fermentasi dan distilasi untuk mengambil nilai kadar alkohol selanjutnya dengan hasil yang didapat diujikan untuk mengambil nilai kalor. Pada penelitian ini proses fermentasi pada hari ke 7 menghasilkan kadar alkohol sebesar 10% dan pada hari ke 14 menghasilkan kadar alkohol sebesar 40%. Maka hasil kadar alkohol tertinggi hasil dari fermentasi terdapat pada hari ke 14 sebesar 40%. Setelah mendapatkan kadar alkohol tertinggi dilakukan proses destilasi bertingkat. Pada destilasi ke 2 menghasilkan kadar alkohol sebesar 65%. Pada penelitian ini belum melaksanakan pengujian nilai kalor disebabkan adanya pandemi covid – 19.
5	Susmiati Y, 2018.	Prospek Produksi Bioetanol dari Limbah Pertanian dan Sampah (<i>Organik The Prospect of Bioethanol Production from Agricultural Waste and Organic Waste</i>)	Penelitian ini menentukan potensi limbah sampah organik dan limbah pertanian untuk dijadikan bahan dasar pembuatan bioetanol di Indonesia, mengidentifikasi jenis teknologi proses produksi bioetanol yang dapat dikembangkan, serta menentukan dampak pengembangan produksi

No.	Nama Penulis	Judul	Hasil
			<p>bioetanol tersebut terhadap lingkungan, sosial ekonomi dan keberlanjutannya. Metode penelitian meliputi pengumpulan data jumlah limbah sampah organik dan pertanian. Penghitungan potensi bioetanol yang dapat diproduksi dan analisis sesuai hasil kajian pustaka. Teknologi proses pengolahan limbah pertanian dan sampah organik menjadi bioetanol bisa dilakukan secara (SHF), (SSF) dan (CBP). Konsep keberlanjutan pengembangan bioetanol dari limbah pertanian dan sampah organik dimasukkan dalam <i>causal loop</i> diagram dan memberikan dampak positif terhadap lingkungan, sosial dan ekonomi.</p>
6	Kuittinen dkk, 2022.	<i>Technoeconomic analysis and environmental sustainability estimation of bioalcohol production from barley straw</i>	<p>Penelitian ini menunjukkan jerami berpotensi untuk dimanfaatkan untuk produksi bioalkohol melalui fermentasi. Produksi etanol, merupakan alternatif yang lebih banyak dikembangkan produksi butanol. Untuk kedua proses, keberlanjutan teknoekonomi dan lingkungan dievaluasi, dan ditemukan bahwa penghematan emisi GRK dalam produksi etanol dan butanol memenuhi tuntutan pedoman energi yang direvisi UE. Selain itu, perhitungan IRR menunjukkan bahwa produksi etanol dari jerami</p>

No.	Nama Penulis	Judul	Hasil
			<p>barley dapat menguntungkan di Eropa utara. Hasil bioalkohol (yaitu tingkat produksi produk dan harga yang diperolehnya) adalah faktor terpenting yang mempengaruhi profitabilitas. Besar kecilnya CAPEX juga mempengaruhi tingkat pengembalian. Di sisi lain, produksi butanol tidak ditemukan layak secara ekonomi. Penelitian lebih lanjut diperlukan pada produksi butanol dan pengolahan produk lain dari pertanian sampingan seperti jerami barley</p>
7	Sailer dkk, 2022.	<i>Datasets on material properties and energy yields of lab-designed organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) components</i>	<p>Fraksi organik limbah padat kota (OFMSW) adalah bahan kompleks dengan bahan yang berbeda yang ditandai dengan sifat yang bervariasi, tergantung pada parameter seperti musim atau wilayah geografis asal. Akibatnya, studi tentang OFMSW sulit untuk dibandingkan karena karakteristik sampel yang berubah.</p>
8	Puspitasari dkk, 2018.	<i>Physical Properties Of Second Generation Bioethanol Fuel Made From Brem Waste</i>	<p>Variasi yang menghasilkan kadar bioethanol paling optimal untuk pembuatan bioethanol dari limbah ampas brem adalah 250 gr limbah ampas brem dengan volume air 1250 ml serta penambahan ragi sebanyak 10 gram kemudian lama fermentasi 5 hari. Distilasi pertama menghasilkan kadar bioethanol 41%, proses distilasi</p>

No.	Nama Penulis	Judul	Hasil
			<p>yang kedua dan ketiga dengan penambahan garam dan silica gel menghasilkan kadar bioethanol 73% dan 93%. Hasil pengujian karakteristik nilai oktan dari campuran pertalite dan bioethanol limbah ampas brem yaitu 5% bioethanol menghasilkan nilai oktan 100.8, 10% bioethanol 101.3, 15% bioethanol menghasilkan nilai oktan 106.8. Untuk penelitian berikutnya, bioethanol dapat diaplikasikan pada kendaraan bermotor dengan beberapa modifikasi kemudian diuji performa mesin dan emisi gas buang.</p>
9	Choddk, 2018.	<i>The use of organic waste-derived volatile fatty acids as raw materials of C4-C5 bioalcohols</i>	<p>Penelitian ini untuk memproduksi bioalkohol, seperti 1-butanol, dari asam lemak volatil (VFA) yang terbuat dari limbah organik melalui jalur non-biologis. Proses dua langkah strategis dilakukan untuk memproduksi bioalkohol. Prosesnya terdiri dari esterifikasi VFA untuk membentuk VFA metil ester (VFAME) diikuti oleh hidrogenasi menjadi bioalkohol. Pada langkah pertama, nanotube karbon ditentukan sebagai bahan karbon yang efektif untuk mengubah VFA menjadi VFAME dengan hasil tinggi (>90%). Pada langkah kedua, berbagai logam (Pt, Pd, Rh, Ru, Ni, Co, dan Cu) diuji dan kobalt adalah logam aktif</p>

No.	Nama Penulis	Judul	Hasil
			<p>untuk hidrogenasi VFAME menjadi alkohol yang sesuai. Hasil akhir 1-butanol melalui dua langkah proses adalah 19%, berat yang sebanding dengan proses fermentasi konvensional.</p>
10	Busic dkk, 2018.	<i>Bioethanol Production from Renewable Raw Materials and Its Separation and Purification: A Review</i>	<p>Berdasarkan data yang disajikan, bioetanol dapat menjadi solusi alternatif untuk masalah bahan bakar saat ini. Telah ada kemajuan yang signifikan dalam pretreatment biomassa terbarukan, produksi selulase dan kofermentasi gula serta pemisahan bioetanol dan pemurnian dalam beberapa dekade terakhir, tetapi bioetanol (berdasarkan biaya produksi) masih belum kompetitif (pengecualian hanya dapat memproduksi bioetanol dari tebu di Brasil) ke bahan bakar fosil. Tantangan terbesar adalah bagaimana mengurangi biaya produksi bioetanol. Oleh karena itu, konsep <i>biorefinery</i> diperlukan untuk memanfaatkan bahan baku terbarukan secara lebih komprehensif dan memproduksi lebih banyak produk sampingan yang bernilai tambah.</p>

Sumber: (Diolah dari beberapa sumber, 2022)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Tempat penelitian pengaruh variasi limbah organik kulit pisang dan kulit nanas terhadap produksi bioalkohol dan nilai kalor, akan dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan UIN Sunan Ampel Surabaya dan Laboratorium Politeknik Negeri Madiun. Untuk waktu pembuatan akan dimulai dari akhir bulan September sampai waktu yang telah ditentukan oleh kampus UIN Sunan Ampel Surabaya. Perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses pembuatan adalah sekitar dua bulan terhitung mulai bulan Oktober awal sampai November akhir. Dengan rinciannya adalah sebagai berikut:

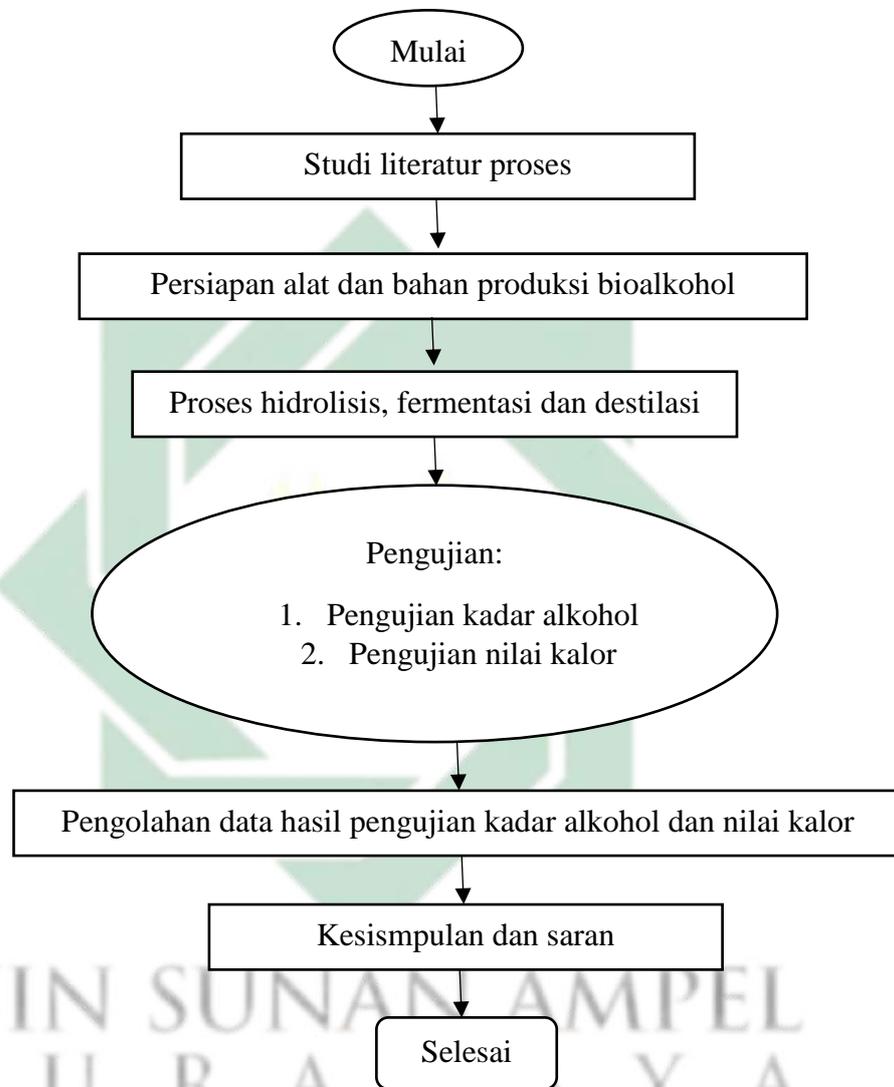
- a. Proses pengumpulan alat dan bahan, penghalusan bahan baku pada awal bulan Oktober.
- b. Proses pembuatan dari proses hidrolisis, fermentasi dan destilasi dilakukan mulai bulan Oktober sampai waktu yang telah ditentukan di laboratorium Teknik Lingkungan UIN Sunan Ampel Surabaya.
- c. Pengujian nilai kalor dilakukan pada bulan Oktober akhir atau November awal di laboratorium Politeknik Negeri Madiun.

3.2 Objek penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian pengaruh variasi limbah organik terhadap produksi bioalkohol dan nilai kalor, yaitu menggunakan limbah organik kulit pisang dan kulit nanas dalam pembuatan bioalkohol dengan memvariasikan komposisi limbah organik dan lama waktu fermentasi.

3.3 Kerangka Penelitian

Berikut ini adalah kerangka penelitian yang mendasari penelitian ini:



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.4 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan sebagai berikut:

1. Alat

- Erlenmeyer
- Kompor listrik
- Botol 1500 ml
- Saringan kain
- Labu destilasi

- Thermometer
- Selang air
- Kondensor liebig
- Adaptor
- Penampung distilat
- Pompa air
- Ember penampung air

2. Bahan

- Limbah organik kulit buah pisang dan kulit buah nanas
- Aquades
- Enzim amilase
- Ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Kertas pH

3.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk menganalisis data yaitu analisis grafik, deskriptif dan statistik. Penggambaran dari analisis grafik nantinya akan menunjukkan bagaimana konsentrasi kadar alkohol kombinasi variasi limbah organik kulit pisang dan kulit nanas pada lama waktu fermentasi. Analisis statistik nantinya akan menggunakan regresi. Regresi merupakan metode analisis data yang digunakan untuk menghitung pengaruh dari dua variabel atau lebih terhadap satu variabel tergantung. Penelitian menggunakan analisa ini agar dapat mengetahui bagaimana kondisi variabel terikat apabila dua atau lebih variabel bebas dimanipulasi atau dinaik turunkan nilainya (Sugiyono, 2009). Analisis statistik ini menggunakan bantuan software SPSS.

Hipotesis

H₀ = Tidak ada pengaruh antara variasi komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas terhadap bioalkohol dan nilai kalor

H₁ = Ada pengaruh antara variasi komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas terhadap bioalkohol dan nilai kalor

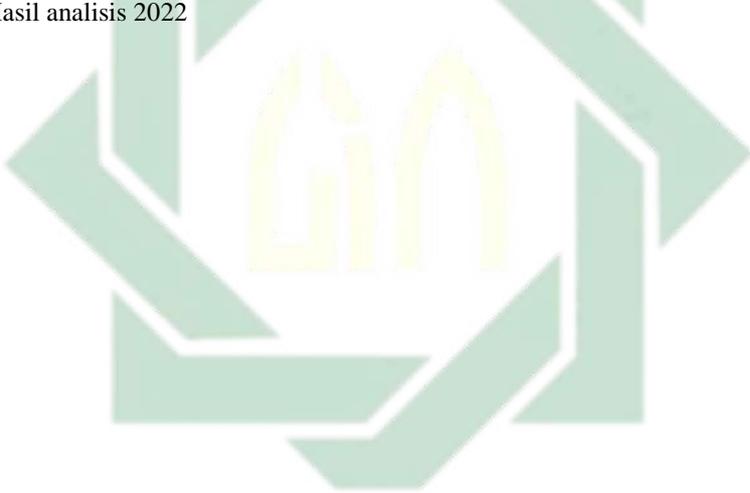
3. 6 Rancangan Percobaan

Berikut ini adalah rancangan percobaan yang akan dilakukan oleh peneliti:

Tabel 3. 1 Rancangan Percobaan

Variasi	Kulit Pisang	Kulit Nanas	Volume Air	Volume Enzim	Berat Ragi	Lama Waktu Fermentasi	Pengujian Kadar Alkohol dan Nilai Kalor	
V1	50%	50%	1000 ml	10 ml	40 gram	7 Hari	V1.7.1	V1.7.2
						14 Hari	V1.41.1	V1.14.2
V2	75%	25%	1000 ml	10 ml	40 gram	7 Hari	V2.7.1	V2.7.2
						14 Hari	V2.14.1	V2.14.2

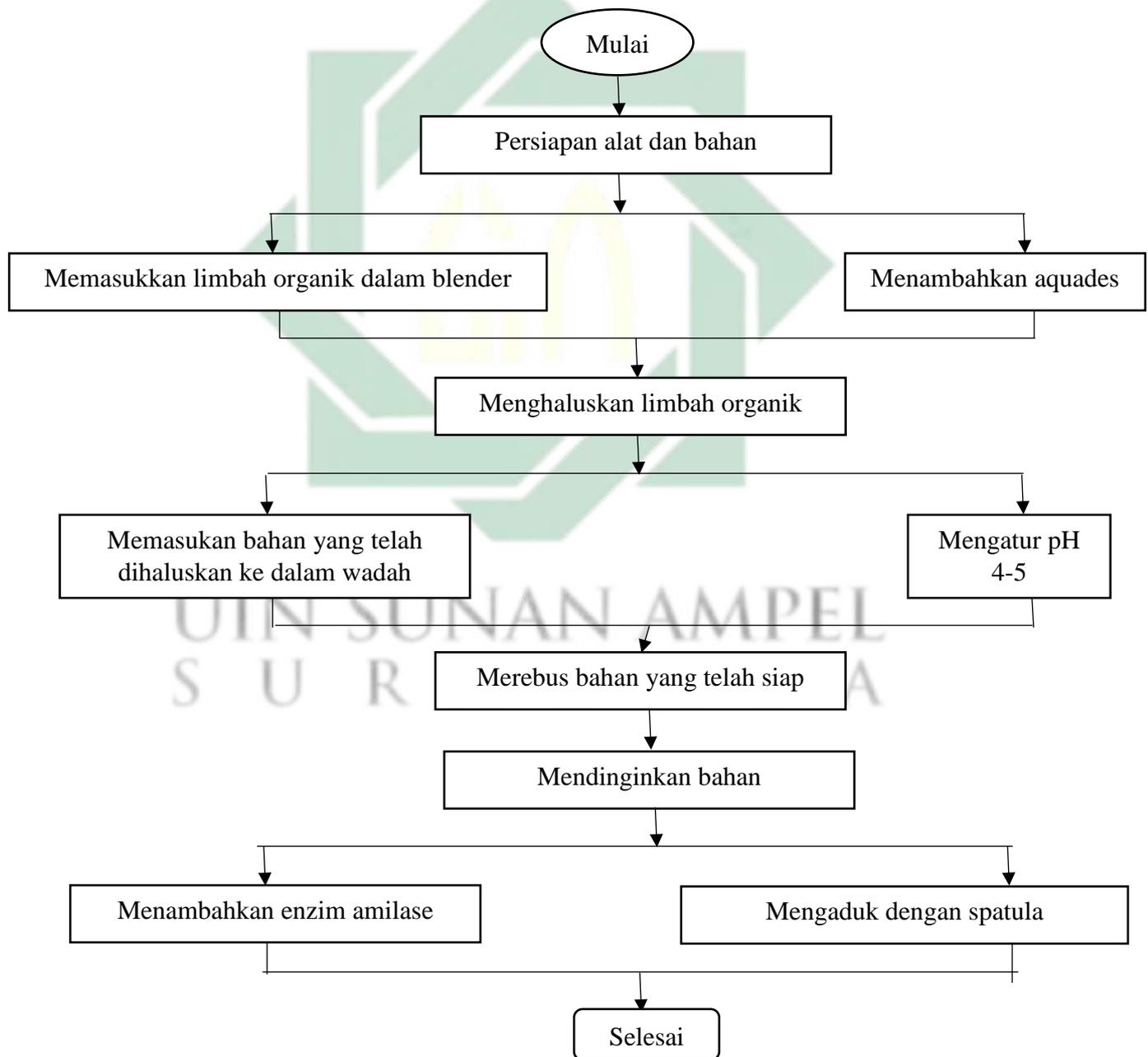
Sumber: Hasil analisis 2022



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

3.6.1 Proses Hidrolisis

Proses hidrolisis adalah proses konversi pati menjadi glukosa. Prinsip dari hidrolisis pati pada dasarnya adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit dekstrosa ($C_6H_{12}O_6$). Pemutusan rantai polimer pati tersebut dapat dilakukan dengan berbagai metode, misalnya secara enzimatik, kimiawi ataupun kombinasi keduanya (Rayhani, 2018). Berikut ini merupakan flowchart dari proses hidrolisis:



Gambar 3. 2 Flowchart Proses Hidrolisis

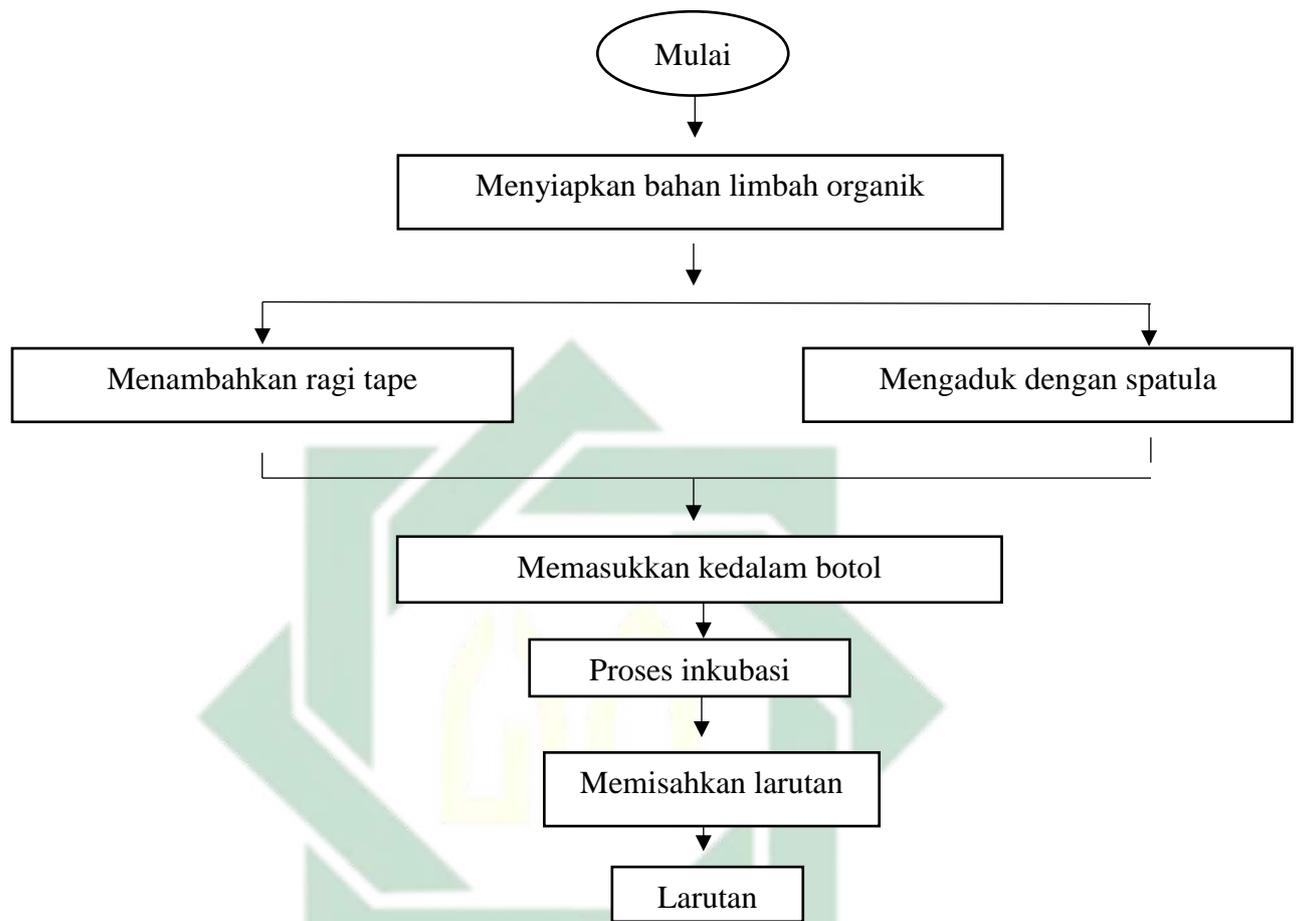
Pada tahap hidrolisis, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a) Menyiapkan bahan baku limbah organik
- b) Bahan baku dikukus \pm 10 menit
- c) Memasukkan 200 gr bahan baku ke dalam blender lalu menambahkan 1000 ml air
- d) Mengatur pH bahan yang telah dihaluskan sebesar 4-5.
- e) Mendinginkan bahan.
- f) Menambahkan enzim amilase sebanyak 10 ml ke dalam bahan tersebut. Kemudian diaduk dengan spatula untuk membantu meratakan enzim dalam menghidrolisis bahan.

3.6.2 Proses Fermentasi

Fermentasi etanol atau fermentasi alkohol adalah proses kimia dan biologi dimana gula, seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa diubah menjadi energi seluler dan juga menghasilkan etanol dan karbon dioksida sebagai produk sampingan. Proses ini tidak membutuhkan oksigen dan membutuhkan khamir dalam prosesnya. Fermentasi etanol digolongkan sebagai respirasi anaerob (Khairani, 2007). Berikut ini merupakan flowchart dari proses fermentasi:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



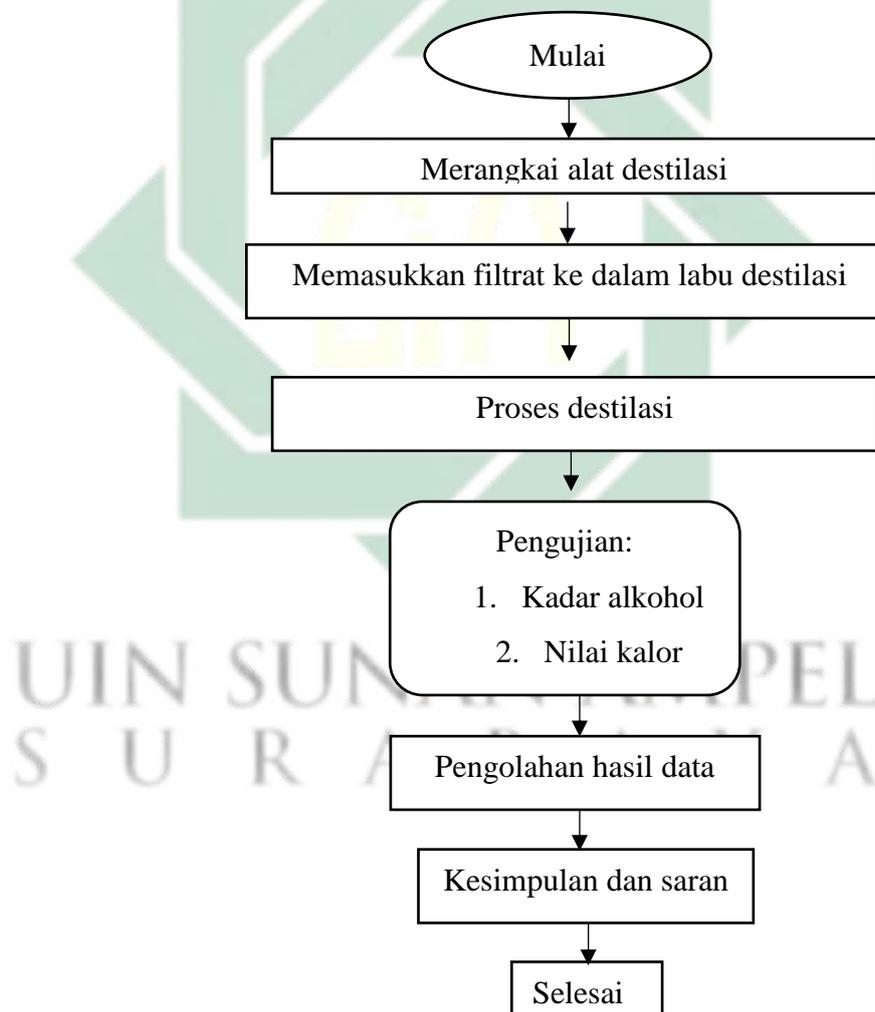
Gambar 3. 3 Flowchart Proses Fermentasi

Dalam proses fermentasi, langkah - langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a) Menambahkan limbah organik yang sudah dihidrolisis dengan 40 gr ragi tape dan diaduk sampai benar - benar rata.
- b) Setelah itu memasukkan bahan ke dalam botol 1500 ml dan ditutup dengan dialiri selang yang ujung satunya dimasukkan dalam air.
- c) Fermentasi dilakukan selama 7 hari dan 14 hari
- d) Selanjutnya memisahkan larutan dari residu dengan cara disaring kemudian diperas, sehingga diperoleh filtrat.

3.6.3 Proses Destilasi

Destilasi adalah suatu metode pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan tingkat volatilitas (kemudahan suatu zat untuk menguap) pada suhu dan tekanan tertentu. Destilasi merupakan proses fisika dan tidak terjadi adanya reaksi kimia selama proses berlangsung. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Masing-masing komponen akan menguap pada titik didinya (titik didih *ethanol* 78°C) (Wahyudi, 2017). Berikut merupakan proses distilasi dari penelitian ini:



Gambar 3. 4 Flowchart Proses Destilasi

Rangkaian alat destilasi yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- a) Merangkai alat destilasi
- b) Memasukkan filtrat ke dalam labu destilasi dalam rangkaian
- c) Proses destilasi dilakukan dengan memanaskan filtrat pada suhu 78° C sesuai titik didih bioalkohol.
- d) Mengukur kadar bioalkohol hasil destilasi menggunakan *alcoholmeter*
- e) Untuk mendapatkan kadar alkohol di atas 90 %, maka dilakukan destilasi kembali. Langkah yang dilakukan pada destilasi kedua ini sama dengan destilasi pertama. Biasanya proses destilasi dilakukan pengulangan tiga kali atau lebih proses destilasi.

3.6.4 Pengujian

Pada proses pengujian ada dua macam pengujian diantaranya:

a. Pengujian Kadar Alkohol

Pengujian yang dilakukan pertama kali adalah mengukur kadar alkohol pada bioalkohol dengan menggunakan alat alkoholmeter. Pada bagian atas alkoholmeter dilengkapi dengan skala yang menunjukkan kadar alkohol. Prinsip kerjanya didasarkan pada berat jenis campuran antara air dan alkohol. Pertama memasukan bioalkohol ke dalam botol atau tabung atau gelas ukur yang tingginya lebih panjang dari alkoholmeter. Selanjutnya memasukkan batang alkoholmeter ke dalam gelas ukur. Alkoholmeter akan tenggelam dan batas air akan menunjukkan kadar kandungan alkoholmeter pada larutan (Hariyanto D, 2020)

Bioalkohol yang dapat diukur dengan alkoholmeter adalah bioalkohol yang sudah didestilasi dan volumenya diatas 30 ml. Apabila volume bioalkohol yang diukur kadar alkoholnya kurang dari 30 ml, maka dapat menggunakan penetapan kadar alkohol berdasarkan berat jenisnya, yaitu dengan mengukur volume bioalkohol yang dihasilkan pada proses distilasi, kemudian menimbang berat piknometer (bisa diganti dengan gelas *erlenmeyer*) dalam keadaan kosong, menimbang piknometer + bioalkohol, dan menimbang piknometer + *aquades*,

selanjutnya memasukkan ke dalam rumus. Dan setelah diketahui berat jenisnya, dapat dikonversikan ke dalam tabel konversi berat jenis dan kadar alkohol (Hariyanto D, 2020)

b. Pengujian Nilai Kalor

Alat untuk menguji nilai kalor dinamakan *bomb calorimeter*. *Bomb calorimeter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalori) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (dalam O_2 berlebih) suatu senyawa, bahan makanan, bahan bakar atau khusus digunakan untuk menentukan kalor dari reaksi pembakaran (Rizal, 2021).

3.7 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah:

a. Variabel Bebas

Variabel bebas atau yang biasa juga disebut dengan *independent variable* dapat disebut sebagai penyebab penelitian. Variabel pada penelitian ini adalah memvariasi komposisi limbah organik kulit pisang dan kulit nanas serta lama waktu fermentasi selama 7 hari dan 14 hari.

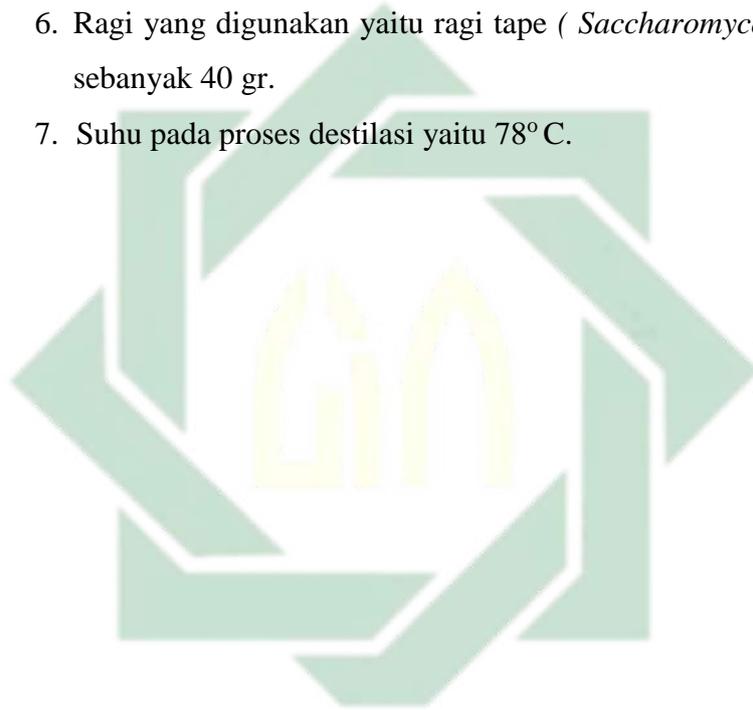
b. Variabel Terikat

Variabel terikat (*variable respon*) merupakan obyek atau hasil dari penelitian. Variabel pada penelitian ini, yaitu berapa persen kadar alkohol yang dihasilkan dalam setiap distilasi menggunakan komposisi limbah organik yang berbeda. Sehingga dapat diketahui presentase kadar alkohol yang optimal. Yang termasuk variabel terikat adalah kadar alkohol dan nilai kalor.

c. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah cara yang digunakan dalam menghilangkan pengaruh variabel - variabel selain variabel bebas yang mempengaruhi hasil variabel terkait. Berikut ini adalah variabel kontrol:

1. Berat variasi limbah organik yaitu 200 gr.
2. Volume air yang digunakan sebanyak 1000 ml.
3. pH yang digunakan 4 – 5.
4. Volume enzim amilase yang digunakan dalam proses hidrolisis adalah 10 ml.
5. Suhu pada proses fermentasi.
6. Ragi yang digunakan yaitu ragi tape (*Saccharomyces cereviceae*) sebanyak 40 gr.
7. Suhu pada proses destilasi yaitu 78° C.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penelitian dilakukan di Laboratorium Limbah Padat Kampus 2 Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya dan dikarenakan tidak tersedianya alat untuk mengukur nilai kalor pada bioalkohol maka pengujian nilai kalor dilakukan di Politeknik Negeri Madiun. Berikut prosedur pembuatan bahan bakar dari limbah kulit pisang dan limbah kulit nanas antara lain.

4.1. Persiapan Pembuatan Bioalkohol

Dalam penelitian proses pengumpulan bahan baku dikumpulkan secara tidak instan, pengumpulan bahan limbah kulit pisang dan kulit nanas didapatkan dari limbah yang berada di pasar tradisional dan pedagang kaki lima yang memakai bahan baku buah pisang dan buah nanas, seperti penjual pisang goreng dan penjual buah nanas di pinggir jalan. Berikut merupakan proses pembuatan bioalkohol:

1. Proses pengumpulan bahan baku



Gambar 4. 1 Limbah kulit pisang dan kulit nanas

Bahan baku limbah kulit pisang di dapatkan dari penjual pisang goreng di daerah bratang, pisang yang dipakai adalah jenis pisang kepok yang sudah berwarna kuning kecoklatan. Sedangkan kulit buah nanas di dapatkan di penjual buah sekitar pasar jagir wonokromo, kulit nanas yang di dapatkan berwarna kuning dan

tidak dalam kondisi busuk.

2. Menimbang bahan baku



Gambar 4. 2 Menimbang bahan baku

Menimbang masing-masing limbah kulit buah dengan berat total 200 gr. Pada penimbangan pertama diperoleh berat kulit pisang sebesar 100 gram dan kulit nanas 100 gram, komposisi ini yang nantinya akan digunakan sebagai variasi pertama (V1) untuk sampel. Penimbangan kedua diperoleh berat kulit pisang sebesar 150 gram dan kulit nanas sebesar 50 gram, komposisi ini akan digunakan sebagai variasi kedua (V2).

3. Proses penghalusan



Gambar 4. 3 (a) Memasukkan air ke dalam erlenmeyer
(b) Menghaluskan bahan baku

Pada proses penghalusan ini pada gambar 4.3 (a) memasukkan air ke dalam erlenmeyer sebanyak 1 L dan gambar 4.3 (b) Memasukkan limbah kulit pisang dan limbah kulit nanas dengan berat total dan aquades pada blender untuk proses

penghalusan. Proses penghalusan dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini.

Pada gambar 4.3 (b) menjelaskan bahwa limbah kulit pisang dan limbah kulit nanas yang sudah ditimbang, dimasukkan ke dalam blender dengan menambahkan 1 L aquades kemudian dihaluskan. Pemplenderan berfungsi untuk memperluas bidang sentuh sehingga laju reaksi pemecahan pati menjadi glukosa semakin cepat (Kurniawan dkk, 2014). Setelah itu dimasukkan ke dalam wadah dan diaduk secara merata, kemudian memasukkan kertas pH untuk mengukur pH. Hasil pH yang diperoleh yaitu 4-5. Derajat keasaman optimum untuk proses fermentasi adalah antara 4-5. Untuk *Saccharomyces cerevisiae* pertumbuhan yang optimal berlangsung dalam media dengan pH 4,0-5,0. Pada pH di bawah 3, proses fermentasi alkohol akan berkurang kecepatannya (Buckle dkk, 1987)

4. Pemanasan bubur limbah kulit pisang dan kulit nanas



Gambar 4. 4 Pemasakan bahan baku limbah kulit pisang dan kulit nanas

Kemudian memanaskan bubur limbah kulit pisang dan kulit nanas dengan kompor listrik selama 15 menit. Tujuan pemanasan ini, yaitu untuk menghasilkan glukosa yang maksimal karena adanya laju reaksi yang cepat (Khairiah, H. 2018). Menurut Apriyantono dkk (1989), pemasakan polisakarida seperti pati, khususnya dalam media yang banyak air justru menguntungkan karena pati akan diubah menjadi molekul yang lebih kecil (Kurniawan dkk, 2014).

4.1.1 Proses Hidrolisis Enzim

Proses hidrolisis enzimatis bertujuan memecah polimer menjadi molekul kecil dan mengubah karbohidrat menjadi gula sederhana dengan bantuan enzim alfa amilase. Menurut Philipp (1984) mekanisme reaksi hidrolisis didahului oleh ion H^+ yang berasal dari katalisator menyerang selulosa. Dengan masuknya ion H^+ tersebut maka struktur selulosa menjadi tidak stabil sehingga akan memudahkan selulosa bereaksi dengan air (H_2O) (Supriyatna dkk, 2015). Proses hidrolisis enzimatis diantaranya adalah :

1. Pendinginan bubur limbah kulit buah



Gambar 4. 5 Proses mendinginkan bubur

Bubur limbah kulit pisang dan kulit nanas yang telah dipanaskan, kemudian didinginkan dengan cara diletakkan pada wadah yang permukaannya lebih luas. Bubur didinginkan kurang lebih selama 30 menit.

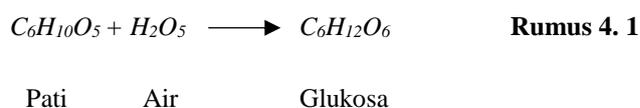
2. Menambahkan enzim *alfa amylase*



Gambar 4. 6 Penambahan enzim alfa amilase

Bubur limbah kulit pisang dan kulit nanas yang telah di dinginkan, kemudian ditambahkan ezim alfa amilase sebanyak 10 ml ke dalam bubur tersebut serta diaduk dengan spatula untuk membantu meratakan enzim. Enzim α -amilase akan bekerja dengan cara bereaksi dengan molekul substrat (pati), sehingga akan menghasilkan senyawa glukosa. Enzim adalah biokatalisator yang berfungsi sebagai katalis dalam proses biologis (Lehninger, 1982). Suatu enzim dapat mempercepat reaksi 10^8 sampai 10^{11} kali lebih cepat dibandingkan ketika reaksi tersebut tidak menggunakan katalis. Seperti katalis lainnya, enzim juga menurunkan atau memeperkecil energi aktivasi suatu reaksi kimia (Poedjiadi dan Supriyanti, 2009). Dalam reaksi tersebut enzim mengubah senyawa yang selanjutnya disebut substrat menjadi suatu senyawa yang baru yaitu produk, namun enzim tidak ikut berubah dalam reaksi tersebut (Palmer, 1991). Amilase dapat diperoleh dari berbagai sumber mikroorganismen, tanaman, dan hewan (Aiyer, 2005). Molekul amilum akan dipecah oleh amilase pada ikatan α -1,4-glikosida dan α -1,6-glikosida (Richana N, 2000). Amilase dibedakan menjadi endoamilase dan eksoamilase. Endoamilase umumnya dikenal sebagai α -amilase, sedangkan eksoamilase dikenal sebagai β -amilase (Supriyatna dkk, 2015). Enzim amilase akan memecah substrat (pati) melalui tiga tahapan utama yaitu gelatinisasi, likuifikasi, dan sakarifikasi. Tahap gelatinisasi merupakan tahap pembentukan suspensi kental dari butir pati, tahap likuifikasi yaitu hidrolisis pati parsial yang ditandai dengan menurunnya viskositas, sedangkan sakarifikasi merupakan proses lebih lanjut dari hidrolisis untuk menghasilkan glukosa (Rayhani, 2018).

Reaksi hidrolisis pati yang terjadi pada proses hidrolisis secara umum adalah:



Sumber: (Alam M, 2022)

4.1.2 Proses Fermentasi

Fermentasi akan merubah satu molekul glukosa menjadi dua etanol dan dua karbondioksida. Etanol merupakan senyawa organik yang terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen sehingga dapat dilihat sebagai turunan senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil dengan rumus kimia C_2H_5OH . Etanol atau etil alkohol dikenal dengan alkohol adalah zat cair, tak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dalam air dengan segala perbandingan dan memiliki sifat menyerupai premium (Khairani, 2007). Larutan fermentasi hanya membentuk larutan alkohol encer, karena sel-sel yeast akan mati pada kadar etanol yang pekat. Untuk mendapatkan kadar alkohol tinggi, larutan yang mengandung glukosa harus di destilasi (Fessenden, 1990).

Dalam proses fermentasi, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Penimbangan ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*)



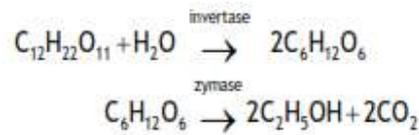
Gambar 4. 7 (Menimbang ragi sebanyak 40 gr
(b) memasukkan ragi kedalam bahan baku

Pada gambar 4.8 dilakukan proses menimbang ragi tape dengan berat 40 gr. Menurut Wanto dan Arif Subagyo dalam Maimuna, S (2004) Khamir merupakan fungi bersel tunggal sederhana, kebanyakan bersifat saprofit dan biasanya terdapat dalam tumbuh-tumbuhan yang mengandung karbohidrat. Khamir dapat diisolasi dari tanah yang berasal dari kebun anggur, kebun buah-buahan dan biasanya khamir berada di dalam cairan yang mengandung gula, seperti cairan buah,

madu, sirup, dan sebagainya. Bentuk sel khamir biasanya bulat, oval, dan biasanya tidak mempunyai flagella. Pada umumnya khamir berkembang biak dengan bertunas, membelah diri dan pembentukan spora. Khamir mempunyai kemampuan untuk memecah pangan karbohidrat menjadi alkohol dan karbondioksida. Proses ini diketahui sebagai fermentasi alkohol yaitu proses anaerob. Kemudian bubur buah yang sudah dihidrolisis ditambah dengan ragi tape yang sudah ditimbang dan diaduk menggunakan spatula sampai benar-benar rata. Ragi merupakan mikroorganisme bersel satu, tidak berklorofil dan termasuk golongan *eumycetes*, beberapa contoh diantaranya adalah *saccharomyces anamensis*, *schizosaccharomyces pombe* dan *saccharomyces cerevisiae*. Masing-masing mempunyai kemampuan memproduksi alkohol yang berbeda (Juwita, 2012).

Saat ini, *Saccharomyces cerevisiae* dari golongan khamir digunakan sebagai mikroorganisme penghasil etanol utama di seluruh dunia. Namun *Saccharomyces cerevisiae* memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah produksi biomassa yang tinggi dan tidak tahan dengan konsentrasi tinggi dari etanol yang dihasilkan (Mohseni dkk., 2016), sehingga bakteri memiliki potensi dalam memproduksi etanol lebih efektif dan efisien (Dien dkk., 2003). Salah satu bakteri berpotensi untuk menghasilkan etanol dalam proses fermentasi yaitu bakteri *Zymomonas mobilis*. Penelitian Gunasekaran dan Raj (1999) menemukan bahwa bakteri *Zymomonas mobilis* mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan khamir, antara lain mempunyai toleransi suhu yang tinggi, kemampuan untuk tumbuh secara anaerob, kemampuan untuk mencapai konversi yang lebih tinggi, mampu menghasilkan etanol mencapai 92%, dan tahan terhadap kadar etanol yang lebih tinggi (Roger and Adelberg, 1982). Namun *Saccharomyces cerevisiae* memiliki keunggulan kemudahan dalam penggunaannya dibandingkan *Zymomonas mobilis*. *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan enzim invertase dan zimase. Enzim zimase

mampu memecah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, enzim invertase berperan dalam merubah glukosa menjadi bioetanol (Kurniawan, dkk, 2014). Reaksi dari proses fermentasi ini adalah :



Rumus 4. 2

2. Pemandahan ke dalam botol plastik



Gambar 4. 8 Pemandahan bahan baku ke dalam botol plastik

Bubur limbah kulit pisang dan kulit nanas yang telah diberi ragi, kemudian dipindahkan ke dalam botol berukuran 1500 ml menggunakan corong agar memudahkan proses pemandahan. Pemandahan dilakukan agar mempermudah proses fermentasi.

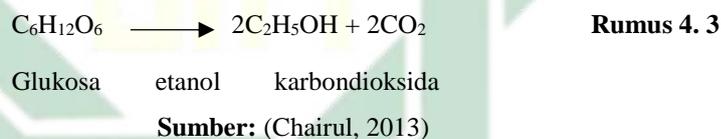
3. Proses Fermentasi



Gambar 4. 9 Proses fermentasi

Setelah bubur limbah kulit pisang dan kulit nanas di pindahkan ke dalam botol berukuran 1500 ml, buat lubang pada bagian tutup botol yang kemudian akan dimasukkan selang berwarna bening berukuran ½ inci dengan panjang 1 meter.

Kemudian ujung selang nanti akan dimasukkan kedalam wadah plastik berisi air supaya tidak terjadi kontak langsung dengan udara dan mengeluarkan gas karbondioksida. Fermentasi adalah proses oksidasi yang meliputi perombakan media organik pada mikroorganisme anaerob atau fakultatif anaerob dengan menggunakan senyawa organik sebagai aseptor elektron terakhir. Fermentasi karbohidrat oleh khamir merupakan proses penghasil etanol dan karbondioksida secara anaerob (Sudarmadji dkk., 1997). Menurut Suwahyono (1994) dalam Vernandos (2008) pada fermentasi terjadi pemecahan senyawa induk, dimana 1 molekul glukosa akan menghasilkan 2 molekul bioetanol, 2 molekul CO₂ dan pembebasan energi. Secara teoritis bahwa 1 gr gula akan dikonversikan menjadi 0,51 gr bioetanol (51% bioetanol) dan 0,49 gr CO₂ (49% CO₂).



4. Pemisahan larutan dari residu



Gambar 4. 10 Pemisahan larutan dari residu

Selanjutnya memisahkan larutan dari residu dengan cara disaring kemudian diperas, untuk memperoleh filtrat yang selanjutnya akan digunakan untuk pengujian destilasi. Penyamisan larutan dari residu dengan cara disaring menggunakan kain kasa dan dimasukkan kedalam wadah botol berukuran 600 ml. Hasilnya diperoleh filtrat sebanyak 600 ml.

4.1.3 Proses Destilasi

Pada penelitian ini destilasi yang digunakan adalah destilasi sederhana. Destilasi sederhana adalah teknik pemisahan untuk memisahkan dua atau lebih komponen zat cair yang memiliki perbedaan titik didih yang jauh. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah zat untuk menjadi gas. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu. Destilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer yang normal. Aplikasi destilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol. Titik didih ethanol murni adalah 78°C , sedangkan air adalah 100°C (kondisi standar). Dengan memanaskan larutan pada suhu $78-100^{\circ}\text{C}$ akan mengakibatkan sebagian alkohol menguap dan melalui unit kondensor akan bisa dihasilkan alkohol dengan konsentrasi 95% volume (Wahyudi, 2017). Proses destilasi adalah sebagai berikut.

1. Merakit alat destilasi dan memasukkan hasil fermentasi yang sudah disaring ke dalam labu destilasi.



Gambar 4. 11 Alat destilasi

- a. Memasukkan hasil fermentasi (filtrat) ke dalam labu destilasi , kemudian memasang labu destilasi di atas kompor listrik menggunakan penyangga. Labu destilasi berfungsi untuk menampung air hasil fermentasi yang akan di destilasi. Volume labu destilasi yang digunakan adalah 500 ml.



Gambar 4. 12 Hasil fermentasi

b. Memasang *Connector*

Connector berfungsi untuk menghubungkan labu distilasi dengan *condensor liebig*.

c. Memasang *thermocouple*

Thermocouple berfungsi sebagai pendeteksi suhu yang akan diteruskan ke *thermocontrol* yang sudah diatur suhunya 78 °C sesuai titik didih ethanol. Ujung *thermocouple* ditenggelamkan dalam cairan yang akan didistilasi agar dapat mendeteksi suhu.

d. Memasang *condensor liebig*

Condensor liebig dipasang dengan selang yang dialiri oleh air berfungsi sebagai pendingin pada proses penguapan.

e. Memasang *connector* dan gelas *erlenmeyer*

Proses pemasangan *connector* dan gelas *erlenmeyer*. *Connector* menghubungkan antara *condensor liebig* dengan gelas *erlenmeyer* dan berfungsi mengalirkan hasil dari fermentasi yang sudah didinginkan menuju ke gelas *erlenmeyer*. Gelas *erlenmeyer* berfungsi untuk menampung hasil distilasi.

2. Melakukan proses distilasi



Gambar 4. 13 Proses destilasi

Setelah merangkai alat destilasi maka destilasi siap dilakukan, diawali dengan mencolokkan steker pada stop kontak. Apabila suhu pada destilasi belum mencapai 78 °C maka proses destilasi akan tetap berlanjut, sebaliknya apabila suhu pada destilasi mencapai suhu 78 °C matikan kompor listrik dan mulai proses destilasi dari awal sampai. Hasil destilasi pertama didapatkan bioalkohol, kemudian mengukur kandungan alkoholnya dengan menggunakan *alcoholmeter*. Destilat yang diperoleh dimasukkan kedalam gelas ukur 100ml, kemudian diukur menggunakan alcoholmeter dengan cara menaruh alcoholmeter ke dalam gelas ukur yang berisi destilat. Skala yang diperlihatkan dicatat sebagai data kadar bioethanol. Dari lama waktu fermentasi yang menghasilkan kadar alkohol tertinggi kemudian didistilasi dalam skala besar untuk proses destilasi kedua dan seterusnya hingga memperoleh hasil yang maksimal (Isroi, 2008).

4.2 Pembahasan

4.2.1 Waktu Fermentasi

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang terbaik maka harus menggunakan lama waktu fermentasi yang menghasilkan kadar alkohol tertinggi. Berikut adalah hasil yang di dapat dari variasi lama waktu fermentasi 7 hari dan 14 hari.



Gambar 4. 14 (a) Fermentasi 7 hari (b) fermentasi 14 hari

Pada penelitian ini hasil kadar alkohol dari lama waktu fermentasi 7 hari dan 14 hari dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Kadar Alkohol dengan Lama Waktu Fermentasi

Sampel	Waktu Fermentasi	Kadar Alkohol
V1.7.1	7 hari	5%
V1.7.2	7 hari	5%
V2.7.1	7 hari	10%
V2.7.2	7 hari	10%
V1.14.1	14 hari	15%
V1.14.2	14 hari	15%
V2.14.1	14 hari	20%
V2.14.2	14 hari	20%

Sumber: Hasil olahan peneliti (2023)

Berdasarkan hasil penelitian diatas diketahui bahwa semakin lama waktu fermentasi semakin tinggi kadar alkohol yang dihasilkan (Wardani, 2018). Terbukti pada penelitian ini hasil kadar alkohol dari lama waktu fermentasi 7 hari didapatkan kadar alkohol 5% dan 10% sedangkan lama waktu fermentasi 14 hari didapatkan kadar alkohol 15% dan 20%. Faktor lainnya yang mempengaruhi kadar alkohol yaitu perbedaan komposisi limbah buah yang digunakan.

Seperti yang diketahui bioalkohol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikroorganisme (Dyah dkk, 2011). Pada variasi 1 (V1) dengan komposisi limbah kulit pisang 100 gr (50%) dan kulit nanas 100 gr (50%) hasil yang didapatkan lebih rendah daripada variasi 2 (V2) dengan komposisi limbah kulit pisang 150 gr (75%) dan limbah kulit nanas 50 gr (25%). Hal ini dikarenakan Limbah kulit pisang mengandung 18,90 gr karbohidrat pada setiap 100 gram (Yuliana, 2016). Adapun kandungan dalam limbah nanas adalah gula non reduksi sebesar 8,8 %. Gula reduksi sebesar 8,2 % dan total gula keseluruhan sebesar 9,75 % dalam 100 gram substrat. Menurut Desrosier (1989) “dalam” Simbolon (2008), semakin banyak jumlah glukosa yang terdapat di dalam suatu bahan, maka semakin tinggi jumlah alkohol yang dihasilkan dari perombakan glukosa oleh jumlah khamir (*Saccharomyces cereviceae*).

4.2.2 Uji Kadar Alkohol

Berdasarkan Tabel 4.1 menyatakan lama fermentasi 7 hari menghasilkan kadar alkohol 5% (V1.7) dan 10% (V2.7) dan lama waktu fermentasi 14 hari menghasilkan kadar alkohol 15% (V1.14) dan 20% (V2.14). Berikut ini merupakan hasil kadar alkohol setelah melakukan destilasi selama 4 kali pengujian. Hasil kadar alkohol setelah di destilasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Kadar Alkohol Setelah Destilasi

SAMPSEL	DESTILASI			
	1	2	3	4
V1.7.1	10%	25%	55%	75%
V1.7.2	10%	25%	55%	75%
V2.7.1	25%	40%	60%	78%
V2.7.2	25%	40%	60%	78%
V1.14.1	35%	55%	70%	92%
V1.14.2	35%	55%	70%	92%
V2.14.1	50%	65%	80%	95%
V2.14.2	50%	65%	80%	95%

Sumber: Hasil olahan peneliti (2023)

Pada tabel 4.1 di atas, dapat dilihat bahwa nilai kadar alkohol terendah dihasilkan oleh variasi 1 (V1) dengan komposisi 100 gram kulit pisang dan 100 gram kulit nanas, yaitu sebesar 75% setelah melakukan 4 kali uji destilasi. Sedangkan nilai kadar alkohol tertinggi dihasilkan oleh variasi 2 (V2) dengan komposisi limbah kulit pisang 150 gram dan limbah kulit nanas 50 gram, yaitu sebesar 95% setelah uji destilasi sebanyak 4 kali. Pada penelitian ini kadar alkohol yang dihasilkan masih belum memenuhi standar baku mutu bahan bakar, yaitu 99,5% (SNI). Konsentrasi 99% etanol (pure analytic) dapat diperoleh dengan cara adsorpsi etanol menggunakan zeolit sebagai adsorbennya (Novitasari, 2007), juga dapat diperoleh dengan menambahkan zat tambahan (entrainer) yang berfungsi mengikat kandungan air dalam etanol kemudian dilakukan destilasi.

Alkohol yang dimurnikan dengan cara destilasi sederhana hanya dapat mencapai konsentrasi 96%. Hal tersebut dikarenakan pada konsentrasi tersebut komposisi fraksi cair sama dengan komposisi fraksi uapnya (azeotropic condition). Pada kondisi azeotrop, alkohol tidak dapat dimurnikan lagi. Campuran alkohol-air memiliki sifat yang sangat penting dan sangat menarik dalam fisika, kimia dan biologi. Aspek menarik adalah kemampuan air dan alkohol untuk membentuk ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen merupakan suatu ikatan antara atom H yang mempunyai muatan positif persial dengan atom lain yang bersifat elektronegatif dan mempunyai sepasang elektron bebas dengan oktet lengkap, seperti O, N, dan F. Ikatan hidrogen dapat memengaruhi titik didih suatu senyawa. Alkohol memiliki ikatan hidrogen antar molekulnya karena pada alkohol terdapat gugus -OH yang dapat saling berinteraksi atau dapat bereaksi dan membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air atau H₂O. Akira Nose dan Masashi Hojo (2006), menyatakan bahwa H⁺ dan OH⁻ mengakibatkan pertukaran proton antara air dan ethanol. Dengan bantuan kekuatan ikatan hidrogen kuat antara molekul ethanol dan air mengakibatkan ethanol menyusup kedalam air membentuk ikatan molekul yang kuat. Akira juga menggambarkan bahwa setiap molekul air akan mengikat 4 molekul air lain yang ada didekatnya (Suartha dkk, 2016).

Walaupun dimurnikan dengan destilasi secara terus-menerus, kadar bioetanol yang diperoleh tidak akan melebihi 96%. Oleh karena itu untuk meningkatkan kemurnian bioetanol perlu dilakukan adsorpsi menggunakan adsorben yang bertindak sebagai molecular sieve (Prihandana, 2007). Dehidrasi bioethanol merupakan proses pemurnian bioethanol sehingga didapatkan bioethanol dengan kadar diatas titik azeotrop. Dehidrasi yang dilakukan yaitu dengan proses destilasi adsorpsi menggunakan adsorben silica gel. Air dalam bioethanol dapat teradsorpsi karena silica gel memiliki daya serap tinggi terhadap air dan juga bersifat hidrofilik sehingga air dalam bioethanol dapat diserap secara sempurna dan terikat pada pori adsorben sehingga kemurnian etanol meningkat (Marwati

dkk, 2005). Adsorpsi tersebut merupakan fenomena permukaan yang terjadi pada campuran bioetanol air pada fasa gas. Pada fasa gas molekul air dan bioethanol akan terpisah, dan kemudian tertarik dan menempel pada permukaan adsorben (Oktaviani dkk, 2017). Bioalkohol dengan kadar 90-94% disebut bioalkohol tingkat industri. Jika bioalkohol yang diperoleh berkadar 94-99,5% maka disebut dengan bioalkohol tingkat netral. Umumnya bioalkohol jenis ini dapat digunakan sebagai desinfektan, dan yang terakhir adalah bioalkohol tingkat bahan bakar. Kadar bioalkohol tingkat ini sangat tinggi, minimal 99,5%. Dewan Standarisasi Nasional (DSN) telah menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) (Deerdarlianto, 2011). Kemurnian 99,5% adalah syarat mutlak penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar, karena kadar etanol kurang dari 90%, akan menyebabkan mesin tidak dapat menyala disebabkan kandungan air yang terlalu tinggi. Bioetanol dengan kemurnian 95% masih layak dimanfaatkan sebagai bahan bakar motor tetapi kadar kemurnian itu perlu penambahan zat anti korosif pada tangki bahan bakar agar tidak menimbulkan karat (Gusmarwani, 2015).

Hidayati dkk (2017), melakukan penelitian dengan judul “Pabrik Bioetanol dari Molase Melalui Fermentasi dengan Pemurnian Distilasi dan Adsorpsi” menjelaskan bagaimana proses produksi bioethanol dalam skala industri. Proses pembuatan Bioetanol dari bahan baku Molase berdasarkan pada proses Fermentasi dari Bahan Baku Gula. Proses pembentukan Bioetanol dibagi menjadi tiga tahap, yakni tahap propagasi, tahap fermentasi dan tahap pemurnian. Tahap propagasi atau dengan nama lain tahap perkembangbiakan yeast. Tujuan dari tahap propagasi untuk membuat yeast dapat beradaptasi dengan lingkungannya sehingga dapat berkembangbiak, selain itu untuk dapat mempersiapkan bibit agar mampu melakukan proses pengubahan gula menjadi alkohol. Yeast yang digunakan antara lain *Saccharomyces Cerevisiae* yang diperoleh dari China, pengembangbiakan yeast terlebih dahulu dilakukan sterilisasi tangki propagasi selama 10-15 menit dengan menggunakan hot water

sterilized dengan suhu 85°C, kemudian molases dimasukkan, lalu nutrient berupa ammonium sulfat (NH₄)₂SO₄ untuk memenuhi kebutuhan unsur nitrogen yang merupakan sumber unsur N untuk keperluan pertumbuhan yeast. Proses selanjutnya yaitu sterilisasi bahan, dengan meningkatkan suhu hingga 60°C dan steam ±1bar dan didiamkan selama ±1 jam, kemudian yeast dimasukkan ke dalam tangki propagasi, lalu dilakukan penurunan suhu menggunakan cooling water hingga suhu 30°C, dan dilakukan aerasi hingga propagasi selesai. Setelah tahap propagasi selesai, molasses yeast dialirkan ke tangki fermentor (Hidayati dkk, 2017).

Perubahan yang terjadi selama proses fermentasi adalah glukosa menjadi bioethanol oleh sel-sel ragi tape dan ragi roti. Pada tahap ini dilakukan hingga 10 batch, pada batch 1 dilakukan selama 48 jam dimana saat 12 jam pertama kondisi dalam fermentor adalah aerob agar yeast mampu menghasilkan etanol dengan baik, 36 jam selanjutnya adalah kondisi anaerob agar yeast dapat mengkonversi gula menjadi etanol. Kemudian pada batch 2-10 dilakukan ±24 jam, 6 jam pertama dengan kondisi aerob dan 18 jam selanjutnya anaerob. Untuk batch ini tidak harus dilakukan selama 24 jam, di fermentor bahan dilakukan analisa dengan acuan brix, level, dan konsentrasi dengan update setiap 3 jam. Apabila pada analisa tersebut diketahui sudah tidak ada aktivitas dari yeast, maka dilakukan end time pada saat itu juga. Ketika proses fermentasi selesai, didiamkan selama satu jam agar terbentuk 2 lapisan antara yeast dan molasses broth (kadar etanol ±9-11%) yang nantinya dialirkan ke tangki storage, untuk lapisan yeast digunakan untuk batch selanjutnya. Saat yeast mencapai batch ke 10, maka yeast dialirkan ke yeast mud tank, dengan pemanasan suhu 85°C agar yeast mati (Hidayati dkk, 2017)

Tahap pemurnian bertujuan untuk mendapatkan kadar fuel grade etanol sebesar 99,58%. Pada tahap pemurnian dilakukan secara continuous dan terdapat 3 tahapan yaitu proses evaporasi, proses distilasi, dan proses dehidrasi. Proses Evaporasi Evaporasi merupakan awal dari tahap pemurnian, tujuan dari proses evaporasi untuk memisahkan antara liquid

molasses broth dengan liquid ethanol. Evaporasi yang digunakan yaitu jenis Backward Feed Quadruple Effect Evaporator dengan arah aliran co-current. Proses awal evaporasi antara lain molasses broth dari tangki fermentor dipompa dalam evaporator. Pada setiap evaporator dilengkapi dengan heat exchanger untuk memanaskan molasses broth sehingga terjadi perubahan fase menjadi uap. Steam yang digunakan bersuhu $\pm 127^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan ± 1 bar. Seluruh etanol yang telah terkondensasi akan dialirkan dalam Vessel. Tahapan selanjutnya dari tahap pemurnian yaitu proses distilasi, tujuan dari proses distilasi yaitu menghilangkan air dari campuran antara etanol-air, dalam hal ini akan diperoleh kadar etanol sebesar 92-94%. Etanol yang disimpan dalam Vessel dialirkan kedalam heat exchanger superheated, hal ini untuk meringankan kerja dari proses distilasi. Proses distilasi dilengkapi dengan reflux, yang berfungsi untuk pemisahan yang lebih sempurna. Uap yang dihasilkan dikembalikan ke Vessel, sedangkan hasil reflux dikembalikan ke kolom distilasi. Hasil proses distilasi dihasilkan campuran azeotrop yaitu etanol-air. Campuran ini dipisahkan dengan metode dehidrasi adsorpsi. Proses dehidrasi bertujuan untuk memisahkan kadar air dari etanol. Dehidrasi dilakukan untuk mendapatkan kadar etanol lebih dari 99%. Etanol yang dihasilkan sebelumnya dilewatkan ke heat exchanger sehingga terjadi kontak dengan steam yang menyebabkan peningkatan suhu pada etanol sehingga memudahkan proses pemisahan dengan air. Etanol akan memasuki tangki dengan zeolite didalamnya. Air akan tertinggal dalam rongga zeolite, sedangkan etanol akan ditampung dalam vessel. Diperoleh kadar bioetanol sebagai biofuel sebesar 99,58% (Hidayati dkk, 2017)

Sebelum mengeluarkan bahan bakar minyak (BBM) jenis *pertalite*, Pertamina memasarkan beberapa jenis BBM seperti *premium*, *pertamax*, dan *pertamax plus* BBM jenis distilat yang memiliki warna kuning yang jernih, *premium* mengandung oktan sebesar 88, yang paling rendah diantara jenis BBM untuk kendaraan bermotor. *Pertalite* merupakan jenis BBM baru yang telah diluncurkan Pertamina untuk

memenuhi surat keputusan Dirjen Migas Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 313 tahun 2013 yang isinya menetapkan mutu standart bahan bakar minyak jenis bensin 90 yang dipasangkan di dalam negeri. Keunggulan *pertalite* versi pertamina antara lain *pertalite* dinilai lebih bersih daripada *premium* karena memiliki oktan diatas 88 yang terkandung dalam *premium*, kemudian harga jual *petalite* yang lebih murah ketimbang *pertamax* dengan kadar oktan 92, sehingga nantinya masyarakat akan mendapatkan BBM kualitas baik dengan harga lebih murah. Pada saat ini sudah mulai banyak dikembangkan bahan bakar alternatif dengan tujuan sebagai pengganti ataupun bahkan pencampur bahan bakar. Bahan bakar pencampur tersebut harus bisa digunakan untuk mengurangi penggunaan minyak bumi serta kualitas emisi yang dihasilkan harus bisa lebih baik. Salah satunya adalah bioalkohol. Bioalkohol merupakan alkohol yang diproduksi menggunakan bantuan mikroorganisme secara biologi yang hasilnya didapatkan melalui proses fermentasi. Alkohol terbagi menjadi empat yaitu, etanol, metanol, propanol dan butanol (Junipitoyo dkk, 2018).

Bioetanol atau bioalkohol merupakan bahan bakar yang menghasilkan polutan paling rendah, bahan bakar bioetanol adalah bahan bakar yang aman, titik nyala bioethanol lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar fosil dan emisi emisi hidrokarbon yang dihasilkan oleh bioetanol lebih sedikit. Bahan bakar fosil mengalami proses pembakaran yang menghasilkan gas buang CO₂, gas buang tersebut dapat menyebabkan polusi udara dan merusak lapisan ozon. Dengan beberapa kelebihan dari etanol maka perlu dilakukannya pengujian performa terhadap kendaraan. Pengujian performa campuran *pertalite* dengan etanol yang dilakukan salah satunya diharapkan dapat mengetahui seberapa besar pengaruh terhadap daya, torsi mesin, dan konsumsi bahan bakar. Daya merupakan kemampuan kendaraan untuk mencapai kecepatan tertinggi dalam waktu tertentu, sedangkan torsi merupakan gaya atau kemampuan mesin untuk menggerakkan kendaraan dari posisi diam sampai berjalan, dan konsumsi

bahan bakar adalah seberapa jauh efisiensi mesin atau kendaraan dilihat dari pemakaian bahan bakarnya. Sudarmanta dkk (2014), melakukan penelitian *Influence of bioethanolgasoline blended fuel on performance and emissions characteristics from port injection Sinjai Engine 650cc*, pada penambahan bioethanol 15% diperoleh peningkatan daya sebesar 10,29% dibanding bensin. Sedangkan pada prosentase bioethanol yang lebih besar (E20) cenderung menurunkan daya 8,96% dibanding bensin. Imam Prasetyo melakukan penelitian analisa performa mesin dan kadar gas buang kendaraan bermotor dengan memanfaatkan bioetanol dari bahan baku singkong sebagai bahan bakar alternative campuran pertalite, pada penelitian ini menghasilkan daya dan torsi maksimal pada campuran bioetanol 30% yaitu sebesar 7,47Hp pada rpm 8700 dan torsi yaitu 5,51Nm pada rpm 5700 dan untuk jarak tempuh lebih jauh daripada pertalite murni tanpa campuran bioetanol, untuk uji emisi gas buang juga menggunakan campuran bioetanol 30% menghasilkan nilai CO yang lebih rendah dari pertalite murni (Junipitoyo dkk, 2018).

Metanol mengandung oksigen sebesar 50%, sehingga ketika ditambahkan ke dalam bensin, campuran bahan bakar mengandung lebih banyak oksigen, yang dapat menurunkan emisi karbon monoksida (CO). Metanol juga dianggap salah satu bahan bakar yang paling menguntungkan untuk mesin. Alasannya adalah bahwa metanol adalah bahan bakar cair dan mirip dengan bensin dan solar dalam aspek penggunaan, penyimpanan dan transportasi. Selain itu, methanol juga dapat diproduksi dari bahan baku yang banyak tersedia seperti batubara, gas alam dan *bio-mass*. Metanol merupakan bahan bakar yang baik untuk mesin Otto. Kelebihannya yaitu efisiensi yang lebih tinggi, daya spesifik dan emisi yang lebih rendah. Selain itu molekul metanol mengandung 50% oksigen yang menyebabkan pembakaran terjadi lebih cepat. Pencampuran metanol-bensin dapat digunakan pada mesin dengan rasio kompresi yang tinggi karena penambahan metanol pada bensin dapat meningkatkan nilai oktan. Efek campuran etanol-bensin dan metanol-bensin terhadap kinerja mesin dan

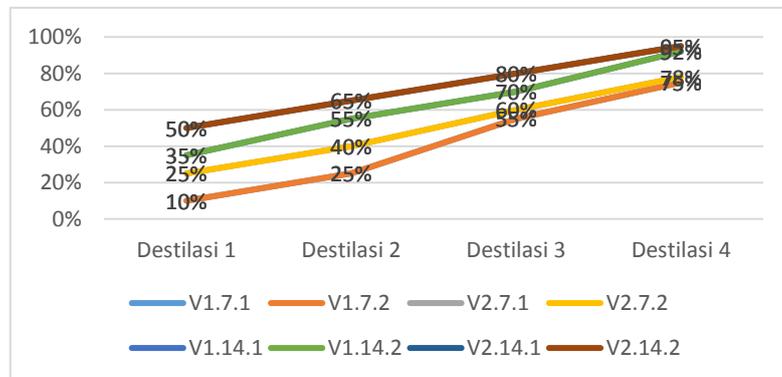
karakteristik pembakaran telah diteliti secara eksperimental. Ozsezen dkk melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan campuran methanol bensin dengan komposisi volume methanol 5% dan 10%. Mesin diuji pada kondisi *wide open throttle* (WOT). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa ketika methanol dijadikan sebagai ekstender dengan persentase yang kecil maka tidak akan begitu berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh mesin, dibandingkan ketika menggunakan bahan bakar bensin murni, tetapi konsumsi bahan bakar relatif meningkat. Syayan dkk, melakukan penelitian pada mesin sistem MPI (Ford, Zetec-E) dengan pencampuran bahan bakar metanol (M5, M7.5, M10, M12.5, M15) pada variasi kecepatan mesin 1500-5000 rpm, dan menunjukkan hasil bahwa kinerja mesin meningkat. Adapun emisi CO mengalami penurunan sedangkan CO₂ dan NO meningkat. Penggunaan bensin-metanol dengan konsentrasi methanol lebih dari 15% akan dapat meningkatkan unjuk kerja secara umum pada kendaraan bermotor. Penelitian yang telah dilakukan oleh para ahli menunjukkan bahwa penggunaan campuran metanol pada bensin dapat meningkatkan sifat anti *knocking* pada bensin. Hal ini karena pada campuran metanol-bensin terjadi peningkatan angka oktan (Sinaga dkk, 2017)

Propanol dan butanol dianggap semakin terlindung dan semakin mudah menguap jika dibandingkan dengan methanol. Butanol memiliki keuntungan dengan titik nyalanya sebesar 35°C. Butanol merupakan alkohol yang memiliki empat gugus karbon. Butanol atau butil *alcohol* merupakan alkohol primer yang mempunyai rumus molekul C₄H₉OH dan Berat Molekul 74,12. Butanol merupakan cairan tak berwarna dengan bau yang khas, dapat digunakan sebagai pelarut dan bahan bakar. Beberapa keuntungan butanol bila digunakan sebagai bahan bakar antara lain tidak korosif, kurang menyerap air/kurang higroskopis, dan memiliki tekanan uap yang lebih rendah sehingga tidak ada pemisahan fasa dari campuran BBN-bensin yang akan terjadi. Kandungan energi dari butanol mendekati sifat bensin premium sehingga konsumsi bahan bakar serupa dengan

bensin murni. Dalam hal aplikasi di kendaraan, penggunaan butanol tidak memerlukan modifikasi untuk mesin mobil (Dürre, 2008). Hasil penelitian Deng dkk (2013) menunjukkan bahwa biobutanol memberikan retensi ketukan (knocking) yang lebih tinggi yang berakibat pembakaran lebih efisien. Sedangkan penelitian Merola dkk (2012) menunjukkan bahwa campuran butanol dalam bensin hingga 40% menyebabkan waktu penyalaan lebih maju, tanpa menimbulkan efek negatif pada kinerja mesin. Penelitian yang dilakukan LEMIGAS pada mesin sepeda motor menunjukkan bahwa waktu akselerasi rata-rata bahan bakar bensin yang mengandung 10% butanol adalah 3,44% lebih baik dibandingkan tanpa butanol (Semar & Yuliarita, 2011).

Salah satu keuntungan yang dimiliki oleh keempat jenis alkohol ini adalah angka oktan yang tinggi. Angka oktan yang tinggi dapat membuat efisiensi bahan bakar meningkat sehingga dapat menutupi kepadatan energinya yang rendah (jika dibandingkan dengan bensin/diesel). Biobutanol merupakan salah satu bahan bakar yang paling menguntungkan karena kepadatan energinya hampir sama dengan bensin, dengan angka oktan yang masih 25% lebih tinggi dari bensin. Kelemahannya adalah, saat ini biobutanol lebih susah diproduksi apabila dibandingkan dengan etanol atau metanol. Sehingga bioethanol menjadi bahan bakar paling menguntungkan yang dapat digunakan Rumus kimia umum dari bahan bakar yang terbuat dari alkohol adalah $C_nH_{2n+1}OH$ (LEI dkk, 2015).

Berikut adalah grafik hasil pengujian kadar alkohol yang dihasilkan oleh destilasi



Gambar 4. 15 Grafik Hasil Destilasi

Sampel bahan yang digunakan sebanyak 450 ml untuk distilasi awal. Pada distilasi awal pengambilan sampel sebanyak 30% dari bahan yang digunakan pada destilasi 1 dan mendapatkan volume sebanyak 315 ml % dengan lama waktu destilasi 12 hari. Setelah itu dilakukan distilasi bertingkat yaitu distilasi ke 2. Pada distilasi ke 2 mendapatkan volume sebanyak 220 ml dengan lama waktu destilasi 9 hari. Pada destilasi ketiga mendapatkan volume sebanyak 154 ml dengan lama waktu 7 hari. Pada distilasi 4 dilakukan dengan penambahan garam (NaCl) 250 gram untuk meningkatkan titik didih air sehingga dapat menghasilkan kadar alkohol tertinggi 95%. Fungsi dari garam ini adalah menaikkan titik didih air sehingga jarak antara titik didih air dan titik didih bioethanol akan bertambah jauh (Mukti dkk, 2013). Pada destilasi ke 4 volume yang dihasilkan sebanyak 100 ml dengan lama waktu destilasi 4 hari. Dua faktor penting dalam destilasi ekstraktif adalah tahap pemisahan itu sendiri dan pelarut yang digunakan. Distilasi ekstraktif dengan garam dikenal dengan *saline extractive distillation* merupakan metode baru untuk memisahkan campuran etanol dan air dengan kemurnian yang tinggi (Lei, 2001). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Pinto (2000) metode *saline extractive distillation* menggunakan NaCl, KCl, KI, CaCl₂ (Pinto, 2000).

Saptantyo (2007) telah melakukan penelitian dengan judul Pemurnian Etanol sebagai Campuran Gasohol dengan Metode *Saline Extractive Distillation* dengan menggunakan NaCl dan Acetonitril. Garam NaCl yang digunakan 80 gram dan 120 gram, dan Acetonitril dengan variasi kadar 15%, 20%, 25%, 30% dan 35%. Dari penelitian ini diperoleh kadar etanol tertinggi 96,40 %. Novanto (2007) telah melakukan penelitian dengan judul Pemurnian Etanol sebagai Campuran Gasohol dengan Metode *Saline Extractive Distillation* dengan menggunakan CaCl₂ dan Acetonitril. Dari penelitian ini diperoleh kadar etanol tertinggi 96,51%. Pada penelitian ini, kadar alkohol yang diperoleh belum bisa digunakan sebagai bahan bakar bioalkohol dikarenakan dalam penelitian ini hanya melakukan pengujian destilasi sebanyak 4 kali dan memperoleh kadar alkohol tertinggi sebesar 95%. Menurut Nurdyastuti (2008), untuk memperoleh bioetanol dengan konsentrasi lebih tinggi dari 99,5% atau yang umum disebut *fuel grade ethanol*, masalah yang timbul adalah sulitnya memisahkan hidrogen yang terikat dalam struktur kimia alkohol dengan cara distilasi biasa. Oleh karena itu, untuk mendapatkan *fuel grade ethanol* dilaksanakan pemurnian lebih lanjut dengan cara *azeotropic distillation*.

4.2.2.1 Kandungan Kadar Alkohol

a) Uji Koefisien Determinasi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.959 ^a	.919	.905	2.840

a. Predictors: (Constant), sampel

Berdasarkan tabel di atas, nilai *R Square* merupakan nilai koefisien determinasi dari penelitian ini. Nilai *R Square* untuk penelitian ini adalah 0.919. Nilai tersebut memiliki makna bahwa sampel yang memiliki kandungan nanas dan pisang, mampu menjelaskan sebesar 91.9% pengaruh terhadap kandungan nilai

alkohol, sedangkan sisanya adalah faktor-faktor lainnya yang tidak diteliti.

b) Uji F

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	547.600	1	547.600	67.884	.000 ^b
	Residual	48.400	6	8.067		
	Total	596.000	7			

a. Dependent Variable: Kandungan Nilai Alkohol (dalam %)

b. Predictors: (Constant), sampel

Berdasarkan tabel ANOVA di atas, didapatkan nilai signifikansi (Sig. atau *p-value*) adalah sebesar 0.000 ($p\text{-value} < 0.05$), maka dapat diartikan komposisi limbah kulit pisang dan limbah kulit nanas berpengaruh terhadap kandungan alkohol. Maka H1 diterima sedangkan H0 ditolak. Selain menggunakan nilai signifikansi, hubungan tersebut dapat dilihat melalui nilai F hitung yang dibandingkan dengan nilai F tabel. Berdasarkan tabel di atas, nilai F hitung yang dihasilkan adalah 67.884, sedangkan nilai F tabel adalah untuk sampel 8 ($df=(1;6)$) adalah 5.99. Sehingga, $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$, maka variabel komposisi nanas dan pisang berpengaruh terhadap kandungan nilai alkohol, atau H0 ditolak.

Maka dari nilai probabilitas tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas dengan lama waktu fermentasi 7 hari dan 14 hari terhadap kadar alkohol yang dihasilkan pada pembuatan bioalkohol komposisi kulit pisang dan kulit nanas menghasilkan Asymp. Sig sebesar .000 maka H1 diterima sedangkan H0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh signifikan kadar alkohol dari komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas serta lama waktu fermentasi sebagai bioalkohol.

c) Uji T dan Persamaan Regresi

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	66.500	2.460		27.036	.000
	sampel	7.400	.898	.959	8.239	.000

a. Dependent Variable: Kandungan Nilai Alkohol (dalam %)

Berdasarkan tabel *Coefficient* di atas, didapatkan nilai signifikansi (*Sig.* atau *p-value*) dari komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas adalah sebesar 0.000 (*Sig.* < 0.05), maka komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas berpengaruh terhadap kandungan alkohol. Selain menggunakan nilai signifikansi, hubungan tersebut dapat dilihat melalui nilai *t* hitung yang dibandingkan dengan *t* tabel. Berdasarkan tabel di atas, nilai *t* hitung yang dihasilkan adalah 8.239, sedangkan nilai *t* tabel adalah untuk sampel 8 ($df=8-2=6$) adalah 2.447. Sehingga, t hitung > *t* tabel, maka variabel komposisi nanas dan pisang berpengaruh terhadap variabel kandungan nilai alkohol, atau H_0 ditolak.

Maka dari nilai probabilitas tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas dengan lama waktu fermentasi 7 hari dan 14 hari terhadap kadar alkohol yang dihasilkan pada pembuatan bioalkohol komposisi kulit pisang dan kulit nanas menghasilkan *Asymp. Sig* sebesar .000 maka H_1 diterima sedangkan H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh signifikan kadar alkohol dari komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas serta lama waktu fermentasi sebagai bioalkohol.

Berdasarkan hasil tersebut, maka persamaan regresi linier yang terbentuk adalah:

Kandungan Nilai Alkohol = 66.500 + 7.400 (Komposisi Nanas dan Pisang). Model tersebut memiliki arti, yaitu:

- a. Konstanta (Constant) sebesar 66.500 menyatakan bahwa apabila tidak ada perubahan pada nilai komposisi nanas dan pisang ($X=0$) maka angka tersebut menunjukkan nilai kandungan nilai alkohol, yang berarti setiap adanya perubahan pada variabel bebas, maka akan terjadi perubahan pada variabel terikat pula. Oleh karena itu setiap adanya perubahan pada komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas akan mempengaruhi kandungan alkohol, semakin tinggi kandungan kulit nanas dan kulit pisang yang dihasilkan, maka akan semakin tinggi pula kandungan alkoholnya.
- b. Komposisi nanas dan pisang memiliki nilai positif sebesar 7.400 yang memiliki arti bahwa peningkatan tiap nilai variabel tersebut sebesar 1%, maka akan menaikkan kandungan nilai alkohol sebesar nilai tersebut. Dimana jika komposisi kulit pisang dan kulit nanas mengalami kenaikan sebesar 1%, maka kandungan alkohol tersebut akan mengalami kenaikan juga.

4.2.3 Uji Nilai Kalor

4.2.3.1. Proses Pengujian Nilai Kalor



Gambar 4. 16 Bomb Calorimeter

Pengujian nilai kalor bioalkohol dilakukan dengan alat *oxygen bomb calorimeter* LBC-C20. Prosedur pengujian diawali dengan penimbangan sampel bioalkohol dengan massa 1 gram menggunakan *electronic digital pocket scale*. Saat ditimbang, sampel diletakkan di cawan kecil yang terbuat dari nikel-krom.



Gambar 4. 17 Penimbangan Sampel Bioalkohol untuk Pengujian Nilai Kalor

Kemudian, cawan kecil dipasang ke *crucible holder* dan kawat pengapian (*ignition wire*) dipasang kedua ujungnya di tiap kutub konduktif yang terhubung dengan rangkaian penutup tabung *bomb*. Lalu, air distilasi (*aquades*) sebanyak 10 ml dituang ke dalam tabung *bomb* (*oxygen bomb*), kemudian pasang penutup tabung *bomb*, dan kencangkan penutup dengan rapat. Prinsip kerja dari kalorimeter adalah mengalirkan arus listrik pada kumparan kawat penghantar yang dimasukkan ke dalam air suling. Pada waktu bergerak dalam kawat penghantar (akibat perbedaan potensial) pembawa muatan bertumbukan dengan atom logam dan kehilangan energi. Akibatnya pembawa muatan bertumbukan dengan kecepatan konstan yang sebanding dengan kuat medan listriknya. Tumbukan oleh pembawa muatan akan menyebabkan logam yang dialiri arus listrik memperoleh energi yaitu energi kalor atau panas (Syarifuddin, 2012)



Gambar 4. 18 Pemasangan Cawan pada Tabung Bomb

Langkah selanjutnya adalah menginjeksikan gas oksigen bertekanan ke dalam tabung *bomb* 2,8 – 3,0 MPa (28-30 bar). Karena reaksi pembakaran memerlukan oksigen dan menghasilkan gas produk, maka pengukuran panas pembakaran harus dilakukan dalam wadah tertutup.



Gambar 4. 19 Penginjeksian Gas Oksigen ke dalam Tabung Bomb

Setelah itu, tabung *bomb* dimasukkan ke dalam ember baja (*inner bucket*) dan diberi air akuades sebanyak 3 liter. Hal yang harus diperhatikan yaitu terjadinya reaksi pada kalorimeter secara cepat dan lengkap. Bahan sampel yang dibakar pada bom menggunakan oksigen bertekanan 25 atmosfer. Prosedur ini terjadi pertukaran kalor antara ember dan mantel selalu sama dengan nol. Hal ini dapat dicapai dengan mengatur suhu mantel air yang meliputi ember kalorimeter dengan sebuah sistem pemanas begitu rupa sehingga perubahan suhu mantel air menjadi persis sama dengan perubahan suhu ember yang ditempati bom, sehingga kalor yang timbul pada pembakaran hanya diserap oleh air yang ada dalam ember kalorimeter (Safitri, 2017). Suhu di ukur sebagai fungsi waktu setelah penyalaan. Pada saat pembakaran suhu bom yang dihasilkan tinggi, oleh karena itu keseragaman suhu air di sekeliling bom harus di jaga dengan suatu pengaduk .



Gambar 4. 20 Penambahan Air ke dalam Ember Baja

Ember baja dimasukkan ke alat *bomb calorimeter*, tutup instrumen dengan rapat, dan masukkan sensor ke dalamnya. Nyalakan tombol power dan saklar pengaduk.



Gambar 4. 21 Peletakan Ember Baja ke dalam Bomb Calorimeter

Selama proses, komputer akan secara otomatis menampilkan data kenaikan dan penurunan suhu selama pembakaran serta nilai kalor hingga sampel habis terbakar.

4.2.3.2 Nilai Kalor

Besarnya entalpi reaksi dapat dinyatakan dengan kalor pembakaran atau disebut juga nilai kalor. Nilai kalor dari bahan bakar menurut Sneed dan Kerr (1969) adalah energi yang dapat dibebaskan selama proses pembakaran yang kompleks dari sejumlah bahan bakar. Nilai kalor ini dapat diukur sebagai nilai kalor kotor (gross calorific value) dan nilai kalor netto (nett calorivic value). Nilai kalor kotor mengasumsikan seluruh uap air yang dihasilkan selama proses

pembakaran sepenuhnya terkondensasi menjadi cair. Sedangkan nilai kalor netto mengasumsikan air yang keluar dari produk pembakaran tidak sepenuhnya terkondensasi. Menurut Koesoemadinata (1980), nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gr air dari 3,5° C – 4,5° C, dengan satuan kalori. Dengan kata lain nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar. Semakin tinggi berat jenis bahan bakar, maka semakin tinggi nilai kalor yang diperolehnya (Nabawiyah K, 2010).

Tabel 4. 3 Nilai Kalor Bahan Bakar Gasoline

Bahan Bakar	Nilai Kalor
Pertamax	43,616 kal/g
Premium	42,098 kal/g
Pertalite	11.464 kal/g

Berikut ini merupakan hasil pengujian nilai kalor dengan menggunakan bomb kalorimeter setelah melakukan destilasi selama 4 kali pengujian. Hasil nilai kalor setelah di destilasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 4 Hasil Nilai Kalor

SAMPEL	NILAI KALOR	
	J/g	Kal/g
V1.7.1	11773	28,1381
V1.7.2	13015	31,1065
V2.7.1	11607	27,7413
V2.7.2	11477	27,4306
V1.14.1	19405	46,3790
V1.14.2	18886	45,1386
V2.14.1	20020	47,8489
V2.14.2	18578	44,4024

Sumber: Hasil penelitian ini (2023)

Nilai kalor yang diperoleh dari hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas mendekati nilai syarat mutu bioalkohol. Dimana standar baku mutu bioalkohol yang ditetapkan oleh Badan Standar Nasional (BSN) pada nilai kalor sebesar 5000 kal/g. Terlihat pada kadar alkohol sebesar 75% dari bahan baku yang menunjukkan nilai kalor terendah sebesar 2813,81 kal/g. Sedangkan nilai kalor tertinggi diperoleh dari kadar alkohol sebesar 95% yaitu 4784,89 kal/g. Dengan nilai ini dapat dilihat terjadi kenaikan nilai kalor bioalkohol variasi limbah kulit pisang dan limbah kulit nanas terhadap kadar bioalkohol itu sendiri. Nilai kalor yang besar akan mempengaruhi proses pembakaran menjadi lebih mudah, sehingga kualitas bioalkohol dapat dikatakan baik. Dari hasil nilai kalor bioalkohol komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas, dengan dilakukannya proses destilasi sederhana masih menunjukkan hasil yang relatif rendah, namun sudah mendekati nilai standar baku mutu bioalkohol. Mesin berbahan bakar alkohol akan memiliki unjuk kerja lebih tinggi atau minimal sama dengan yang berbahan bakar bensin. Hal ini disebabkan alkohol memiliki bilangan oktan lebih tinggi, sehingga memungkinkan penggunaan rasio kompresi lebih tinggi pada mesin Otto. Korelasi efisiensi dengan rasio kompresi berimplikasi pada fakta bahwa mesin Otto berbahan bakar etanol (sebagian atau seluruhnya) memiliki efisiensi lebih tinggi dari mesin berbahan bakar bensin (Duncan, 2002)

a) Uji Koefisien Determinasi

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.862 ^a	.743	.700	2150.895

a. Predictors: (Constant), sampel

Berdasarkan tabel di atas, nilai *R Square* merupakan nilai koefisien determinasi dari penelitian ini. Nilai *R Square* untuk

penelitian ini adalah 0.743. Nilai tersebut memiliki makna bahwa sampel yang memiliki kandungan nanas dan pisang, mampu menjelaskan sebesar 74.3% pengaruh terhadap kandungan nilai kalor, sedangkan sisanya adalah faktor-faktor lainnya yang tidak diteliti. Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 sampai 1. Jika nilainya mendekati 1, maka dapat dikatakan pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat adalah besar. Artinya model yang digunakan baik untuk menjelaskan pengaruh variabel tersebut (Ndruru dkk., 2014).

b) Uji F

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	80193744.23	1	80193744.23	17.334	.006 ^b
	Residual	27758102.65	6	4626350.442		
	Total	107951846.9	7			

a. Dependent Variable: Nilai Kalor

b. Predictors: (Constant), sampel

Berdasarkan tabel ANOVA di atas, didapatkan nilai signifikansi (*Sig.* atau *p-value*) adalah sebesar 0.006 ($p\text{-value} < 0.05$), maka komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas berpengaruh terhadap nilai kalor. Selain menggunakan nilai signifikansi, hubungan tersebut dapat dilihat melalui nilai F hitung yang dibandingkan dengan nilai F tabel. Berdasarkan tabel di atas, nilai F hitung yang dihasilkan adalah 17.334, sedangkan nilai F tabel adalah untuk sampel 8 ($df=(1;6)$) adalah 5.99. Sehingga, $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$, maka variabel komposisi nanas dan pisang berpengaruh terhadap kandungan nilai kalor, atau H_0 ditolak. Uji F dilakukan untuk mengetahui apakah semua variabel bebas berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat (Sulistya dkk, 2017)

Maka dari nilai probabilitas tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas dengan lama

waktu fermentasi 7 hari dan 14 hari terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Pada pembuatan bioalkohol komposisi kulit pisang dan kulit nanas menghasilkan Asymp. Sig sebesar .000 maka H1 diterima sedangkan H0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh signifikan dari komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas serta lama waktu fermentasi sebagai bioalkohol terhadap nilai kalor.

c) Uji T dan Persamaan Regresi

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	38515.500	1862.730		20.677	.000
	sampel	2831.850	680.173	.862	4.163	.006

a. Dependent Variable: Nilai Kalor

Berdasarkan tabel *Coefficient* di atas, didapatkan nilai signifikansi (*Sig.* atau *p-value*) dari variabel bebas adalah sebesar 0.006 (*Sig.* < 0.05), maka komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas berpengaruh terhadap nilai kalor. Selain menggunakan nilai signifikansi, hubungan tersebut dapat dilihat melalui nilai t hitung yang dibandingkan dengan t tabel. Berdasarkan tabel di atas, nilai t hitung yang dihasilkan adalah 4.163, sedangkan nilai t tabel adalah untuk sampel 8 ($df=8-2=6$) adalah 2.447. Sehingga, $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$, maka variabel komposisi nanas dan pisang berpengaruh terhadap kandungan nilai kalor, atau H_0 ditolak. uji T dilakukan untuk mengetahui apakah dalam model regresi, variabel bebas secara parsial berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Sulistiyono dkk, 2017).

Maka dari nilai probabilitas tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas dengan lama waktu fermentasi 7 hari dan 14 hari terhadap nilai kalor yang dihasilkan pada pembuatan bioalkohol komposisi kulit pisang dan

kulit nanas menghasilkan Asymp. Sig sebesar .000 , maka H1 diterima sedangkan H0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh signifikan nilai kalor dari komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas serta lama waktu fermentasi sebagai bioalkohol.

Berdasarkan hasil tersebut, maka persamaan regresi linier yang terbentuk adalah:

Kandungan Nilai Kalor = 38515.500 + 2831.850 (Komposisi Nanas dan Pisang). Model tersebut memiliki arti, yaitu:

- a) Konstanta (Constant) sebesar 38515.500 menyatakan bahwa apabila tidak ada perubahan pada nilai komposisi nanas dan pisang ($X=0$) maka angka tersebut menunjukkan nilai kandungan nilai kalor, yang berarti setiap adanya perubahan pada variabel bebas, maka akan terjadi perubahan pada variabel terikat pula. Oleh karena itu setiap adanya perubahan pada komposisi limbah kulit pisang dan kulit nanas, maka akan mempengaruhi nilai kalor. Semakin tinggi kandungan kulit nanas dan kulit pisang yang dihasilkan, maka akan semakin tinggi pula nilai kalornya.
- b) Komposisi nanas dan pisang memiliki nilai positif sebesar 2831.850 yang memiliki arti bahwa peningkatan tiap nilai variabel tersebut sebesar 1%, maka akan menaikkan kandungan nilai kalor sebesar nilai tersebut. Tanda positif artinya menunjukkan pengaruh yang searah antara variabel independen dan variabel dependen (Ghozali, 2018). Dimana jika komposisi kulit pisang dan kulit nanas mengalami kenaikan sebesar 1%, maka nilai kalor tersebut akan mengalami kenaikan juga. Menurut penelitian Padilah dkk (2019) Nilai koefisien untuk variabel produksi bernilai positif sebesar 0,000504. Hal ini menunjukkan bahwa dengan variabel bebas, jika variabel produksi meningkat sebesar 1% maka dapat mempengaruhi peningkatan jumlah produktivitas sebesar 0,000504.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melaksanakan proses pengumpulan data, perencanaan, pembuatan serta pengujian pada pengaruh variasi limbah kulit pisang dan kulit nanas terhadap produksi bioalkohol dan nilai kalor, maka dapat diambil kesimpulan dan saran yang nantinya dapat digunakan sebagai perbaikan terhadap penelitian sejenis. Berdasarkan analisa data dan hasil dari penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Menurut hasil penelitian, didapatkan hasil kadar alkohol terbaik dengan nilai 95% dengan lama waktu fermentasi 14 hari.
2. Kandungan alkohol variasi limbah kulit nanas dan kulit pisang pada variasi 1 diperoleh nilai 5%, 10%, 15%, 25%, 35%, 55%, 70%, 75% dan 92%. Pada variasi 2 diperoleh kadar alkohol sebesar 10%, 20%, 25%, 40%, 50%, 60%, 65%, 78%, 80% dan 95%.
3. Nilai kalor bioalkohol variasi limbah kulit pisang dan kulit nanas yang di dapatkan pada variasi 1 sebesar 41,773 j/g, 43,015 j/g, 49,405 j/g dan 48,886 j/g. Pada variasi 2 di dapatkan nilai kalor sebesar 41,607 j/g, 41,477 j/g, 50,020 j/g dan 48,578 j/g
4. Menurut analisa yang telah dilakukan, variabel komposisi nanas dan pisang berpengaruh terhadap variabel kandungan nilai alkohol, atau H_0 ditolak.
5. Menurut analisa yang telah dilakukan, variabel komposisi nanas dan pisang berpengaruh terhadap variabel kandungan nilai kalor, atau H_0 ditolak.

5.2 Saran

1. Pada penelitian ini kandungan alkohol yang dihasilkan senilai 95%, sehingga masih belum bisa dijadikan sebagai bahanbakar bioalkohol.

Dengan kandungan sebesar 95%, alkohol dapat digunakan sebagai desinfektan.

2. Pada penelitian ini masih belum di dapatkan kadar alkohol yang memenuhi SNI yaitu sebesar 99%-100%. Maka dari itu penelitian selanjutnya lebih baik melakukan uji destilasi dengan metode destilasi azeotrop.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina E, Gita I. I, Irssa I. F, Muhammad. I. P, Rahmania, Ria S, Funsu A, & Irul Hidayati. (2021). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah dan Sayur Sebagai Bahan Bakar Bioetanol dengan Variasi Konsentrasi Katalis. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(1), 45–50. <https://doi.org/10.32734/jtk.v10i1.4552>
- Aiyer, P.V. 2005. Amylases And Their Applications. *African Journal Of Biotechnology*. Vol.4 (13).
- Akira Nose, Masashi Hojo. Hydrogen Bonding of Water–Ethanol in Alcoholic Beverages. *JOURNAL OF BIOSCIENCE AND BIOENGINEERING*. Vol. 102, No. 4, 269–280. 2006
- Ananda, C. (2016). Bioalkohol. [Http://Newfisikainfo.Blogspot.Com/2016/03/Makalah-FisikaBioalkohol.Html](http://Newfisikainfo.Blogspot.Com/2016/03/Makalah-FisikaBioalkohol.Html).
- Andhayani, B. S. (2018). Pengaruh Variasi Organik Loading Rate Sampah Buah Jeruk terhadap Produksi Biohidrogen pada Reaktor Kontinu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 43.
- Ansel's. (2011). *Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems*. Baltimore.
- Asngad, A., R. A. B., & Nopitasari, N. (2018). Kualitas Gel Pembersih Tangan (Handsanitizer) dari Ekstrak Batang Pisang dengan Penambahan Alkohol, Triklosan dan Gliserin yang Berbeda Dosisnya. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 4(2), 61–70. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v4i2.6888>
- Apriyantono, A., Fardias, D., Puspitasari, N., Sedarnawati & Budiyanto, S. (1989). *Analisis Pangan*. Bogor: IPB-Press.
- Aswantihsn, p. (2013). FERMENTASI ALKOHOL. <http://putriasantihsn.blogspot.com/2013/03/makalah-fermentasialkohol.html>.
- Buckle, K.A., Edwards, R.A. & Fleet, G.H. (1987). *Ilmu Pangan*. Universitas Indonesia Press: Jakarta

- Budyono, B. (2014). Pengaruh pH dan Rasio COD:N Terhadap Produksi Biogas dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse). *Eksergi*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.31315/e.v11i1.324>
- Basic, A. (2018). Bioethanol Production from Renewable Raw Materials and Its Separation and Purification: A Review. *Food Technology and Biotechnology*.
- Brunner, I. M. I., Norhidayat, A., & M. Brunner, S. (2021). Pengolahan Sampah Organik dan Limbah Biomassa dengan Teknologi Olah Sampah di Sumbernya. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(3). <https://doi.org/10.32672/jse.v6i3.3120>
- Cho, S.-H., Kim, T., Baek, K., Lee, J., & Kwon, E. E. (2018). The use of organic waste-derived volatile fatty acids as raw materials of C4-C5 bioalcohols. *Journal of Cleaner Production*, 201, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.061>
- Ciptasari, R. (2015). PEMBUATAN ETANOL DARI LIMBAH KULIT JERUK BALI: HIDROLISIS MENGGUNAKAN SELULASE DAN FERMENTASIDENGAN YEAST. SEMARANG UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG.
- Damanhuri, D. M. (2010). PERHITUNGAN NILAI KALOR BERDASARKAN KOMPOSISI DAN KARAKTERISTIK SAMPAH PERKOTAAN DI INDONESIA DALAM KONSEP WASTE TO ENERGY. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 103-114.
- Damayanti, Z. N. (2021). PEMANFAATAN SAMPAH ORGANIK DALAM PEMBUATAN BIOGAS SEBAGAI SUMBER ENERGI KEBUTUHAN HIDUP SEHARI-HARI. *Jurnal Teknik Energi*, 182-190.
- Devri, A. N. (2020). Manfaat Batang Pisang dan Ampas Tahu Sebagai Pakan Konsentrat Ternak Sapi. *Jurnal BIOLOVA*,, 30-35.
- Dien, B.S., M.A. Cotta, and T.W. Jeffries. 2003. Bacteria engineered for fuel ethanol production: Current status. *Appl. Microbiol. Biotechnol* 63: 258-266

- Duncan, J. (2002) Blending Ethanol into Petrol, An Overview, Energy Efficiency and Conservation Authority.
- Dyah, Tri Retno. Wasir, Nuri, (2011), “Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang”, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri UPN “Veteran”, Yogyakarta
- Gunasekaran, P.T. & K.C. Raj. 2005. Ethanol Fermentation Technology- *Zymomonas mobilis*. Department of Microbial Technology. School of Biological Sciences. Madurai Kamaraj University. India.
- Gusmarwani, S. (2015). DISTILASI CRUDE ETANOL UNTUK MEMPEROLEH BIOETANOL FUEL GRADE. *Jurusan Teknik Kimia Institut Sains & Teknologi AKPRIND*.
- Handavani, F. (2017). Bioalkohol. <https://id.scribd.com/presentation/359519130/Bioalkohol>.
- Hariyanto, D. S. (2020). Proses Pembuatan Bahan Bakar Bioetanol Dari Muntingia Calabura Terhadap Nilai Kalor Dan Kadar Alkohol.
- Hendrawan P, C. I. (2018). UJI KUALITAS MANISAN KULIT PISANG KEPOK. *Jurnas Bosaparis: Pendidikan Kesejahteraan Keluarga*.
- Herliati, H., Sefaniyah, S., & Indri, A. (2019). Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai Bahan Baku pembuatan Bioetanol. *Jurnal Teknologi*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i1.1>
- Hidayati, N. (2017). PABRIK BIOETANOL DARI MOLASE MELALUI FERMENTASI DENGAN PEMURNIAN DISTILASI DAN ADSORPSI. *Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Huda, N. (2017). PROSES PEMBUATAN BIOETHANOL.
- Isroi. (2008). Mengukur kadar bioetanol. *On line at* <http://isroi.com/2008/12/19/mengukur-kadar-bioetanol/> [diakses tanggal 15 Mei 2012].
- Junipitoyo, B. (2018). Unjuk kerja dan emisi gas buang mesin injeksi berbahan bakar campuran premium - bioetanol (E50) dengan pengaturan pengapian dan durasi injeksi. Surabaya : Insititut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Juwita, R. 2012. *Studi Produksi Alkohol dari Tetes Tebu (Saccharum officinarum L) Selama Proses Fermentasi*. Skripsi Program Studi Keteknikan Pertanian Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar, hlm 8.
- Khairani, Rini. 2007. *Tanaman Jagung Sebagai Bahan Bio-fuel* <http://www.Macklintmipunpad.net/Biofuel/Jagung/Pati.pdf>. diakses tanggal 14 Agustus 2016
- Khairiah, H. M. (2018). PENGEMBANGAN PROSES PEMBUATAN BIOETANOL GENERASI II DARI IMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT. *Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 9 No.4*, 233-240.
- Koesoemadinati, R. (1980). TITIK NYALA DAN NILAI KALOR BAHAN BAKAR.
- Kurniawan, T. B. (2014). Efek Interaksi Ragi Tape dan Ragi Roti terhadap Kadar Bioetanol Ketela Pohon (Manihot Utilissima, Pohl) Varietas Mukibat . *Journal of Biology & Biology Education*.
- Komilis, D., Kissas, K., & Symeonidis, A. (2014). Effect of organic matter and moisture on the calorific value of solid wastes: An update of the Tanner diagram. *Waste Management*, 34(2), 249–255. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.09.023>
- Kuittinen, S., Hietaharju, J., Bhattarai, I., Hassan, Md. K., Kupiainen, L., Kangas, J., Tanskanen, J., & Pappinen, A. (2022). Technoeconomic analysis and environmental sustainability estimation of bioalcohol production from barley straw. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 43, 102427. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102427>
- Kurniati, Y. &. (2021). Pemanfaatan Sampah Sayuran Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioethanol. 1-6.
- Lehninger, A.L., 1982. *Dasar-Dasar Biokimia Jilid 1*. Erlangga, Jakarta
- Lei, Z., Wang, H and Zhou, R. 2001. “Influence Of Salt Added To Solvent On Extractive Distillation”, *Chemical Engineering Journal*, Volume 24.

- Marwati, T., Rusli, M.S., Noor, E., dan Mulyono, E. 2005. Peningkatan Mutu Minyak Daun Cengkeh Melalui Proses Pemurnian. *Jurnal Pasca panen*. Vol 2: 45-52.
- Mohseni, M., H. Ebrahimi, and M.J. Chaichi. 2016. Isolation and optimization of ethanol producing bacteria from natural environments of mazandaran province in Iran. *Journal of Genetic Resources*. 1(1): 35-44.
- Mukti, R. A. (2013). Bahan Bakar Alternatif Bioethanol Dari Limbah Kulit Kelapa Muda Segar Sebagai Extender Premium. *TM. Volume 02 Nomor 01* , 57-64.
- Nabawiyah, K. (2010). PENENTUAN NILAI KALOR DENGAN BAHAN BAKAR KAYU SESUDAH PENGARANGAN SERTA HUBUNGANNYA DENGAN NILAI POROSITAS ZAT PADAT. *Jurnal Neutrino Vol. 3, No. 1*.
- Nasrun, J. &. (2015). Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan dari Fermentasi Kulit Pepaya.
- Ndruru, R. E., Situmorang, M., & Tarigan, G. 2014. “Analisa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi padi di deli serdang”. *Saintia Matematika*. Vol. 2 (1), pp: 71-83.
- Novanto, A. 2007. “Pemurnian Etanol sebagai Campuran Gasohol dengan Metode Saline Extractive Distillation dengan menggunakan CaCl_2 dan Acetonitril”. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Novitasari, dkk. 2007. *Pemurnian Bioetanol Menggunakan Proses Adsorpsi dan Distilasi Adsorpsi dengan Adsorben Zeolit*. Semarang : Universitas Diponegoro
- Nurdyastuti, I. (2005). TEKNOLOGI PROSES PRODUKSI BIO-ETHANOL. 75-83.
- Nurhayati, S. &. -T.-U. (2018). Pembuatan Alkohol dengan Proses Fermentasi Buah Jambu Mete oleh Khamir *Sacharomyces cerevisiae*.
- Oktaviani, S. C. (2017). Pemurnian Bioetanol Hasil Fermentasi Nira Nipah Menggunakan Proses Destilasi Adsorpsi Menggunakan Adsorben Silica Gel . *Jom FTEKNIK Volume 4 No. 2*.

- Puspitasari, I., & Romandoni, N. (2018). PHYSICAL PROPERTIES OF SECOND GENERATION BIOETHANOL FUEL MADE FROM BREM WASTE. *Jurnal Poli-Teknologi*, 17(3). <https://doi.org/10.32722/pt.v17i3.1274>
- Rayhani, Z. ,.-D. (2018). PENGARUH RASIO ENZIM α -AMILASE TERHADAP KUALITAS MALTODEKSTRIN. *Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim* , SBN 978-602-99334-9-9 .
- Richana, N. 2000. Prospek Dan Produksi Enzim a-Amilase Dari Mikroorganisme. *Agro Bio*. Vol. 3(2):15-58
- Rizal, A. A. (2021). Pengaruh Pembuatan Bahan Bakar Bioethanol Dari Murbei Terhadap Nilai Kalor dan Kadar Alkohol.
- Robinson. (2006). Saccharomyces cerevisiae IN MAKING HALAL PRODUCTS BASED ON CONVENTIONAL BIOTECHNOLOGY AND GENETIC ENGINEERING. *Journal of Halal Product and Research (JHPR)*.
- Roger, S., and E. Adelberg. 1982. Dunia Mikroba. Jilid I. Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- Sailer, G., Hülsemann, B., Eichermüller, J., Empl, F., Poetsch, J., Pelz, S., Kuptz, D., Oechsner, H., & Müller, J. (2022). Datasets on material properties and energy yields of lab-designed organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) components. *Data in Brief*, 44, 108519. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108519>
- Saptantyo, G. 2007. “Pemurnian Etanol sebagai Campuran Gasohol dengan Metode Saline Extractive Distillation dengan menggunakan NaCl dan Acetonitril”. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Semar, D., dan Yuliarita, E., 2011, “ Meramu Bensin Ramah Lingkungan dengan Pemanfaatan Butanol”, Lembaran Publikasi LEMIGAS, Vol. 45, 1-10
- Septriani, E. E. ISOLASI DAN IDENTIFIKASI Saccharomyces cerevisiae YANG DIPEROLEH DARI PG-PS MADUKISMO YOGYAKARTA YANGDIGUNAKAN DALAM PROSES FERMENTASI ALKOHOL . 2009.

- Setiawati, D. R. (2013). PROSES PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT PISANG KEPOK. *Jurnal Teknik Kimia*.
- Simbolon, K. (2008). Pengaruh Persentase Ragi Tape dan Lama Fermentasi terhadap Mutu Tape Ubi Jalar. *Universitas Sumatera Utara. Skripsi*.
- Sinaga, N. o. (2017). Pengaruh Komposisi Bahan Bakar Metanol-Bensin Terhadap Torsi Dan Daya Sebuah Mobil Penumpang Sistem Injeksi Elektronik 1200 CC. *Vol. 19, No. 3, Juli*, 147–155.
- Suarta, I. W. (2016). Pengaruh Ikatan Hydrogen Pada Hydrous Ethanol Terhadap Komposisi Azeotropik dan Kecepatan Pembakaran Laminar. *SEMINAR NASIONAL INOVASI DAN APLIKASI TEKNOLOGI DI INDUSTRI (SENIATI)*, ISSN: 085-4218
- Sudarmadji, Haryono, S., dan Suhardi. (1997). *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sugiyono, Dr. 2010. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta
- Sukmawati, R. F., & Milati, S. (2009). PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT SINGKONG. 1-40.
- Sulastriani. (2018). PENCAMPURAN BAHAN BAKAR BIOETHANOL KULIT JERUK BALI DAN JERUK MANIS DENGAN PERTALITE TERHADAP NILAI KALOR. *Madiun: Politeknik Negeri Madiun*.
- Sulistiyono & Sulistiyowati, W. 2017. “Peramalan produksi dengan metode regresi linier berganda”. *Prozima*. Vol. 1 (2), pp: 82-89.
- Sumampouw, Y. S. (2015). Pembuatan Bioetanol dengan Teknik Destilasi Refluks Satu Kolom. *Jurnal Ilmiah Sains*, 154-158.
- Supriyatna A, D. A. (2015). KTIIVITAS ENZIM AMILASE, LIPASE, DAN PROTEASE DARI LARVA. *Edisi Juli Volume IX No. 2* , SSN 1979-8911.
- Suriani, H., & Akram, H. (2022). *PENGARUH FERMENTASI RAGI TERHADAP VOLUME BIOALKOHOL FERMENTASI KULIT PISANG BARANGAN (MUSA PARADISIACA)*. 1(1), 8.
- Surya, M. T. (n.d.). *POTENSI SAMPAH ORGANIK SEBAGAI BAHAN BAKU PRODUKSI BIOETANOL SECARA FERMENTASI*. 49.

- Susmiati, Y. (2018). The Prospect of Bioethanol Production from Agricultural Waste and Organic Waste. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), 67–80.
<https://doi.org/10.21776/ub.industria.2018.007.02.1>
- Syamsul Bahri, A. A. (2019). Pembuatan bioethanol dari kulit pisang kapok dengan cara fermentasi menggunakan ragi roti. *Jurnal eknologi Kimia Unimal*, 85-100.
- Padilah, N. T. (2019). ANALISIS REGRESI LINIER BERGANDA DALAM ESTIMASI PRODUKTIVITAS TANAMAN PADI DI KABUPATEN KARAWANG. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika Volume 5 No. 2 Bulan Desember*.
- Palmer, T. 1991. *Understanding Enzyme* Third Edition. Ellis Horwood Limited. England
- Philipp, B., 1984, “*Degradation of Cellulose—Mechanisms and Applications*”, *Pure and Applied Chemistry*, vol. 56, no. 3, pp. 391-402
- Pinto, R.T.P., Wolf-Maciel, M.R. and Computers and Lintomen, L. 2000. “Saline Extractive Distillation Process For Ethanol Purification. *Computers and Chemical Engineering*, Volume 24.
- Poedjiadi, A., Supriyanti, F.M.T. 2009. *Dasar-Dasar Biokimia*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta
- Prihandana, R, K. Noerwijati, P. G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi, dan R. Hendroko. 2007. *Bioetanol Ubi kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agromedia.
- Taherzadeh, M. J., and Niklasson, C., 2003, *Ethanol from Lignocellulosic Materials: Pretreatment, Acid and Enzymatic Hydrolyses and Fermentation*, 3 ed., pp. 6-9, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.
- Wahyudi, A., & Hendraningsih, L. (2017). *Biogas Fermentasi Limbah Peternakan*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.

- Wahyuni, S. *PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENGETAHUAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA*. 13.
- Wardani, A. K. (2018). Pengaruh Lama Waktu Fermentasi pada Pembuatan Bioetanol dari Sargassum sp Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi Menggunakan Mikroba Asosiasi (*Zymomonas Mobilis*, *Saccharomyces cerevisiae* dalam Ragi Tape dan Ragi Roti).
- Wirosoedarmo, R., Suharto, B., Universitas Brawijaya, Proborini, D. E., & Universitas Brawijaya. (2020). Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Bermotor dan Kecepatan Angin Terhadap Karbon Monoksida di Terminal Arjosari. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(2), 57–64. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2020.007.02.2>
- Yudistirani, S. A., Mahmud, K. H., Ummamy, F. A., & Ramadhan, A. I. (2018). ANALISA PERFORMA MESIN MOTOR 4 LANGKAH 110CC DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN BIOETANOL-PERTAMAX. *Jurnal Teknologi*, 11(1), 6.
- Yuliana. (2016). Uji organoleptik dan kadar kalsium es krim dengan penambahan kulit pisang dan daun kelor sebagai sumber gizi alternatif. 1–11
- Yuniarti, D. P. (2018). Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Bioetanol dengan Bahan Baku Ampas Tebu. *Jurnal Teknik Kimia*, 12.
- Yuswanto, S. (2015). Pengujian Kinerja Alat Destilasi Air Laut Penghasil Airdan Garam Menggunakan Sistem Refrigerasi Kompresi Uap. *Bandung*.
- Zhou, Y. (2010). The use of natural abundance stable isotopic ratios to indicate the presence of oxygen-containing chemical linkages between cellulose and lignin in plant cell walls. *Phytochemistry*, 982–993.