

**PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT DURIAN (*Durio
zibethinus*) DENGAN METODE HIDROLISIS ASAM**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Fajar**



Oleh :

NAMA : SURYA NINGSIH

NIM : 2120423002

**TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
MAKASSAR
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT DURIAN
(*Durio Zibethinus*) DENGAN METODE HIDROLISIS ASAM**

Oleh

SURYA NINGSIH

2120423002

Menyetujui
Tim Pembimbing
Tanggal 19 Januari 2024

Pembimbing I

Pembimbing II



Ratna Surya Alwi, Ph.D

Dr. Selfina Gala, ST., MT

NIDN : 0923037501

NIDN: 0925027101

Mengetahui,

Dekan

Ketua Prodi Teknik Kimia



Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT



Dr. Sinard, ST., SP., M.Si

NIDN: 0906107701

NIDN: 0908038002

PERNYATAAN ORISINILITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

“Pembuatan Bioetanol dari Kulit Durian (*Durio Zibethinus*) Dengan Metode Hidrolisis Asam “ adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 28 Agustus 2023

Yang menyatakan


Surya Ningsih

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa dengan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik. Tugas akhir dengan judul **“Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Durian (*Durio Zibethinus*) Dengan Metode Hidrolisis Asam”**.

Penulis menyadari bahwa selama penyusunan tugas akhir ini banyak pihak yang telah membantu sehingga laporan ini berhasil tersusun dengan baik. Maka, penulis mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Dr. Ernati Bachtiar, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar.
2. Bapak Irham Pratama, S.Pd., M.Si selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Fajar.
3. Ibu Ratna Surya Alwi, ST., M.Si., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah bersedia memberikan bimbingan dan arahan bagi penulis sampai terselesaikannya laporan ini.
4. Ibu Dr. Selfina Gala, ST., MT selaku dosen pembimbing kedua yang juga telah bersedia memberikan bimbingan dan arahan bagi penulis sampai terselesaikannya laporan ini.
5. Para Dosen Program Studi Teknik Kimia Universitas Fajar yang telah rela berjuang memberikan ilmunya kepada penulis dengan tulus dan ikhlas.
6. Seluruh staf dan karyawan Universitas Fajar yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi dan tugas akhir.
7. Dan yang paling istimewa, Orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
8. Untuk sahabat terbaikku, Kamishits yang telah banyak berpartisipasi dalam pembuatan tugas akhir ini. Selalu membantu, mendampingi dan memberikan semangat yang paling berharga kepada penulis hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
9. Seluruh pihak terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah banyak membantu terselesainya penyusunan tugas akhir ini.

10. Untuk diri, Surya Ningsih. Terima kasih sudah mau menepikan ego dan memilih untuk kembali bangkit dan menyelesaikan semua ini. Kamu selalu berharga, tidak peduli seberapa putus asanya kamu sekarang tetaplah bangkit. Terima kasih banyak sudah bertahan. Penulis berjanji bahwa kamu akan baik-baik saja setelah ini.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis tidak lepas dari kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Terakhir kalinya, penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua kalangan dan dapat menambah pengetahuan serta wawasan para pembacannya.

Makassar, 28 Agustus 2023



Penulis

ABSTRAK

Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Durian (*Durio Zibethinus*) Dengan Metode Hidrolisis Asam, Surya Ningsih. Ketersediaan energi merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia untuk saat ini maupun masa yang akan datang. Saat ini masyarakat dunia khususnya Indonesia masih bergantung pada sumber energi tidak terbarukan (fosil). Salah satu alternatif pengganti bahan bakar fosil adalah dengan bioenergi seperti bioetanol. Bioetanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium. Bahan alam yang berpotensi sebagai bahan baku bioetanol adalah kulit durian. Kulit durian (*Durio zibethinus*) merupakan salah satu produk pertanian yang memiliki kandungan selulosa cukup tinggi yaitu sebesar 50-60%. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam saat hidrolisis dan pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol kulit durian. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap diantaranya hidrolisis kulit durian dengan asam sulfat dan pembuatan bioetanol dengan fermentasi kemudian dilanjutkan dengan uji kadar etanol menggunakan metode berat jenis dan metode gas kromatografi. Variabel yang dikaji adalah konsentrasi H_2SO_4 (1 %, 2%, 3%, 4%, 5%) dan waktu fermentasi (48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam). Dari hasil penelitian didapatkan kadar etanol tertinggi pada fermentasi selama 48 jam untuk konsentrasi H_2SO_4 3% sebesar 4,18%.

Kata kunci: *Bioetanol, kulit durian, hidrolisis*

ABSTRACT

Production of Bioethanol from Durian Peel (*Durio Zibethinus*) Using the Acid Hydrolysis, Surya Ningsih. Method Energy availability is very important in human life now and in the future. Currently, the world community, especially Indonesia, still depends on non-renewable energy sources (fossils). One alternative to replacing fossil fuels is bioenergy such as bioethanol. Bioethanol is a fuel made from vegetable oil which has properties similar to premium oil. A natural material that has the potential to be used as raw material for bioethanol is durian peel. Durian skin (*Durio zibethinus*) is an agricultural product that has a fairly high cellulose content, namely 50-60%. The aim of this research is to determine the effect of acid concentration during hydrolysis and the effect of fermentation time on the bioethanol content of durian peel. This research was carried out in several stages, including hydrolysis of durian skin with sulfuric acid and making bioethanol by fermentation, followed by testing the ethanol content using the specific gravity method and gas chromatography method. The variables studied were H₂SO₄ concentration (1%, 2%, 3%, 4%, 5%) and fermentation time (48 hours, 72 hours, 96 hours and 120 hours). From the research results, it was found that the highest ethanol content was fermented for 48 hours for a 3% H₂SO₄ concentration of 4.18%.

Key words: *Bioethanol, durian peel, hydrolysis*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINILITAS	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian	2
I.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Durian.....	4
II.2 Bioetanol.....	5
II.3 Hidrolisis	7
II.4 Fermentasi.....	7
II.5 Khamir (<i>Yeast</i>).....	9
II.6 Kromatografi Gas	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
III.1 Waktu dan Tempat	11
III.2 Alat dan Bahan	11
III.3 Kondisi dan Variabel Penelitian.....	11
III.4 Prosedur Penelitian.....	12
III.5 Metode Pengumpulan Data	13
III.6 Analisis Data	13

III.7 Bagan Alur Penelitian.....	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
IV.1 Pengaruh Konsentrasi H ₂ SO ₄ Pada Proses Hidrolisis	15
IV.2 Pengaruh Konsentrasi H ₂ SO ₄ terhadap Kadar Etanol.....	16
IV.3 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol	19
IV.4 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol dengan Metode GC	20
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	22
V.1 Kesimpulan.....	22
V.2 Saran.....	22
DAFTAR PUSTAKA.....	23
LAMPIRAN	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Durian dan Kulit Durian	4
Gambar III.1 Bagan Alur Penelitian	14
Gambar IV.1 Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Glukosa saat 1 Jam Hidrolisis.....	15
Gambar IV.2 Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Etanol pada Berbagai Waktu Fermentasi.....	18
Gambar IV.3 Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol	19

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Kandungan Kulit Buah Durian	5
Tabel IV.1	Hasil Analisa Kadar Glukosa menggunakan Metode <i>Luff Scroll</i>	15
Tabel IV.2	Hasil Analisa Kadar Etanol dengan Metode Berat Jenis	17
Tabel IV.3	Hasil Analisa Kadar Etanol dengan Metode <i>Gas Cromatography</i>	20
Tabel IV.4	Hasil Analisa Kualitatif Etanol dengan Metode <i>Gas Cromatography</i>	20

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Dokumentasi Proses Penelitian	26
LAMPIRAN B. Perhitungan Kadar Glukosa Dan Kadar Etanol Dengan Metode Berat Jenis	31

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
EMP	<i>Embden Meyerhoff Pamas</i>	8
ATP	<i>Adenosina trifosfat</i>	8
p.a	Pro Analisis	10
mL	Milliliter	11

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Saat ini sebagian besar kebutuhan energi dipenuhi dari bahan bakar fosil, namun kekurangan bahan bakar fosil dapat menyebabkan krisis energi yang akan berdampak negatif pada ekonomi global (Sari dkk, 2018). Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya kebutuhan akan bahan bakar minyak atau dikenal dengan BBM yang berdampak pada perekonomian masyarakat dan menimbulkan bencana sosial. Selain itu, efek bahan bakar terhadap lingkungan adalah krisis yang dikenal sebagai pemanasan global, karena selain menggunakan bahan bakar juga akan menghasilkan gas yang meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer (Said dkk, 2016).

Energi alternatif terbarukan diperlukan untuk mengurangi dampak negatif dari konsumsi bahan bakar. Sumber energi alternatif terbarukan yang potensial dan dapat dikembangkan adalah bahan bakar yang disebut bioetanol, yang dihasilkan dari sumber daya hayati, misalnya tebu, ubi kayu, jagung dan nira. Bahan baku bioetanol dapat diperbarui dan tidak merusak lingkungan (Sari dkk, 2018). Bahan baku harus memiliki kandungan seperti pati, karbohidrat, glukosa, dan selulosa. Namun, penggunaan bahan baku yang terlalu banyak dapat mengganggu kebutuhan pangan. Hal ini disebabkan karena sebagian besar bahan yang terdiri dari pati, karbohidrat, glukosa, dan selulosa merupakan bahan pangan. Akibatnya, kita membutuhkan bahan baku tambahan yang lebih hemat, tidak dijadikan makanan, dan merupakan limbah, seperti kulit durian.

Buah durian merupakan buah asli Indonesia dengan produksi yang tidak merata sepanjang tahun. Bagian buah yang dapat dikonsumsi tergolong rendah yaitu 20,52%, hal ini berarti ada sekitar 79,48% bagian yang tidak dikonsumsi seperti kulit dan biji durian. Jumlah limbah yang dihasilkan tersebut cukup banyak dan akan sangat potensial jika dimanfaatkan secara tepat (Novita, 2013). Kulit durian merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk membuat

bioetanol. Karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi (50-60%), kandungan pati yang rendah (5%), dan kandungan lignin yang tinggi (5%) (Kurniawan dkk, 2013).

Menurut penelitian sebelumnya, tentang pengaruh waktu hidrolisis dan konsentrasi katalisator asam sulfat dengan waktu hidrolisis selama 1; 2; 3; 4; dan 5 jam menghasilkan *yield* furfural tertinggi pada konsentrasi asam sulfat 1% dan waktu hidrolisis 1 jam yaitu 5,44% (Primata dkk, 2014). Hasanah (2008) dalam penelitiannya tentang pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol tape ketan hitam dengan waktu fermentasi selama 24; 48; 72; 96; dan 120 jam berturut-turut, mengandung kadar alkohol sebanyak 0,388; 0,786; 1,056; 3,844 dan 7,518%. Sementara menurut Aryasa dkk (2019), kadar etanol minuman tuak nira aren di Kabupaten Tabanan, Bali menghasilkan waktu fermentasi terbaik yaitu pada hari ketiga dengan kadar alkohol 5,233%. Semakin lama waktu fermentasi maka kadar bioetanol yang dihasilkan semakin tinggi, akan tetapi ketika fermentasi telah mencapai waktu optimum maka kadar etanol untuk waktu fermentasi berikutnya cenderung menurun (Miskah dkk, 2016; Herdini, 2020).

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini yaitu:

1. Apakah konsentrasi asam saat hidrolisis mempengaruhi kadar glukosa yang dihasilkan?
2. Apakah waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol limbah kulit durian?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam saat hidrolisis terhadap kadar glukosa yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol limbah kulit durian.

I.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah penggunaan limbah kulit durian sebagai bahan pembuatan bioetanol. Katalis yang digunakan dalam hidrolisis selulosa adalah H_2SO_4 dengan konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. *Saccharomyces cerevisiae* adalah ragi yang digunakan pada saat fermentasi. Variasi waktu fermentasi yang digunakan adalah 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam. Pengujian kadar glukosa dianalisis menggunakan metode *Luff Schoorl*. Kandungan bioetanol ditentukan dengan metode berat jenis dan dilanjutkan dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC) pada variabel optimum konsentrasi H_2SO_4 .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Durian

Buah durian (*Durio zibethinus*) tergolong buah tropis yang banyak tumbuh di Indonesia. Buahnya berbentuk bulat atau oval dengan bau khas (Hatta, 2007). Gambar II.1 menampilkan gambar durian dan kulit durian.



Gambar II.1 Durian dan Kulit Durian

Berikut adalah klasifikasi sistematika (taksonomi) tanaman durian :
(Corpuz, 2007):

Kingdom : *Plantae* (tumbuh-tumbuhan)
Divisi : *Magnoliophyta*
Sub-kingdom : *Tracheobionta*
Ordo : *Malvales*
Family : *Bombacaceae*
Genus : *Durio*
Spesies : *Durio zibethinus*

Durian (*Durio zibethinus*) memiliki kandungan daging buah durian yaitu hanya 20-35%, biji 5-15% dan kulit 60-75% (Widhi, 2010). Karena limbah kulit durian sulit terurai dan belum dimanfaatkan dengan baik, maka berpotensi menjadi salah satu limbah biologis yang mencemari lingkungan (Wahyono, 2009). Pada Tabel II.1 memperlihatkan kandungan kulit buah durian:

Tabel II.1 Kandungan Kulit Buah Durian (*Durio zibethinus*)

No	Kandungan Kulit	Jumlah
1	Selulosa	50-60%
2	Lignin	5%
3	Pati	5%

Sumber: Kurniawan dkk, 2013

II.2 Bioetanol

1. Pengertian Bioetanol

Bioetanol berasal dari sumber nabati terbarukan. Bahan nabati yang dapat difermentasi untuk menghasilkan bioetanol merupakan sumber nabati yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol. Selain itu, etilen dan uap dapat digabungkan secara kimiawi untuk menghasilkan bioetanol. Etanol yang dibuat dari bahan nabati yang difermentasi disebut bioetanol. Sebaliknya, etanol, juga dikenal sebagai etil alkohol, adalah senyawa organik dengan rumus $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ yang termasuk dalam golongan alkohol dan mengandung gugus hidroksil (OH) (Richana, 2011).

Bioetanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) adalah cairan yang dibuat dengan menggunakan mikroorganisme untuk memfermentasi gula dari sumber karbohidrat. Singkong, ubi jalar, jagung, dan sagu merupakan contoh bahan makanan yang mengandung pati dan digunakan untuk membuat bioetanol. Bioetanol adalah bahan bakar yang terbuat dari minyak nabati yang memiliki banyak kemiripan dengan minyak premium (Putra, 2012). Pada umumnya industri turunan alkohol dan campuran bahan bakar mobil dapat dibuat dari bioetanol sebagai bahan bakunya. Penggunaan bioetanol harus ditentukan kadarnya. Bioetanol dengan kadar volume 90-96% digunakan dalam industri, dan campuran alkohol dan bahan bakar farmasi menggunakan bioetanol dengan kadar volume 90-96%. Untuk mencegah korosi, kadar bioetanol yang digunakan dalam campuran bahan bakar kendaraan harus kering dan anhidrat. Artinya, bioetanol harus memiliki kadar antara 99,5% hingga 100%. Proses pengubahan karbohidrat menjadi gula (glukosa) yang larut dalam

air akan dipengaruhi oleh perbedaan ukuran grade (Putra, 2012).

Setelah selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n dihidrolisis menjadi glukosa dan difermentasi dengan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* disuhu berkisar antara 27° sampai 30°C (suhu kamar), dihasilkan bioetanol. Fermentasi ini menghasilkan sekitar 18% etanol, yang kemudian didistilasi pada suhu 78°C (titik didih minimum alkohol) untuk menghasilkan sekitar 95,6% etanol. Untuk mengikat air, tambahkan $Ca(OH)_2$ ke etanol 95,6% untuk membuat etanol absolut (Fifi, 2009).

2. Ciri Khas Bioetanol

Bioetanol tidak memiliki warna, bau khas atau kemampuan melarutkan zat organik. Bioetanol mudah menguap, berat molekulnya 46,07, titik didih 78°C, panas penguapan 204 kal/gr, titik beku -144°C, panas pelarutan 24,9 kal/gr, dan kalor jenis 0,7939 gram per mililiter. Karena tidak bersifat racun, bahan ini banyak digunakan sebagai pelarut dalam industri farmasi serta industri makanan dan minuman. Tapi dapat menyebabkan keracunan jika dikonsumsi (Richana, 2011).

Berdasarkan bahan dasarnya, proses produksi bioetanol terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu : (Richana, 2011)

a) Bahan Dasar Gula

Proses fermentasi digunakan untuk menghasilkan bioetanol berbahan dasar gula dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan gula menjadi bioetanol.

b) Bahan Dasar Pati

Proses hidrolisis dan fermentasi adalah dua proses yang digunakan untuk membuat bioetanol dari pati. Tujuan hidrolisis adalah mengubah pati menjadi gula. Enzim dapat digunakan dalam proses hidrolisis kimia dan biologi. Memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan gula menjadi bioetanol, dilakukan proses fermentasi untuk mengubah gula menjadi bioetanol setelah terbentuk gula.

c) Bahan Dasar Selulosa

Proses hidrolisis dan fermentasi adalah dua proses yang digunakan untuk menghasilkan bioetanol berbasis selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n. Tujuan hidrolisis

adalah mengubah selulosa menjadi gula. Dosis kimia dan biologi (enzim) dapat digunakan untuk melakukan hidrolisis. Memanfaatkan mikroorganisme (enzim) untuk menguraikan gula menjadi bioetanol, dilakukan penyerangan untuk mengubah gula menjadi bioetanol setelah terbentuk.

II.3 Hidrolisis

Hidrolisis merupakan suatu tahapan proses dimana digunakan untuk mengubah suatu polimer karbohidrat (polisakarida) seperti selulosa dan hemiselulosa menjadi gula monomer. Selulosa dapat dihidrolisis menjadi monomer gula baik secara kimia dengan senyawa asam maupun enzimatik dengan selulase (Mosier, 2005). Pada proses hidrolisis terjadi reaksi yaitu:



Hidrolisa asam encer juga dikenal dengan hidrolisis asam dua tahap. Keuntungan utama hidrolisa dengan asam encer adalah tidak diperlukannya recovery asam, dan tidak adanya kehilangan asam dalam proses. Umumnya asam yang digunakan adalah H_2SO_4 dengan konsentrasi 2-5%. Parameter konsentrasi asam, suhu dan waktu hidrolisa merupakan parameter yang sangat krusial pada proses hidrolisa selain metode detoksifikasi yang tepat sehingga dapat meminimalkan produk inhibitor yang pada akhirnya meningkatkan yield etanol di akhir proses fermentasi (Iranmahboob, 2002).

II.4 Fermentasi

Fase paling krusial dalam produksi etanol adalah fermentasi. Setelah diubah menjadi gula, semua sumber bahan mentah, termasuk gula, pati, dan serat atau selulosa, mengalami proses yang sama yang disebut fermentasi. Proses biokimia fermentasi melibatkan produksi enzim yang dapat mengubah substrat menjadi etanol oleh mikroba yang terlibat. Pemecahan gula sederhana (glukosa atau fruktosa) menjadi etanol dan karbon dioksida melalui penggunaan enzim yang berasal dari ragi pada suhu optimal dikenal sebagai fermentasi. Proses penguraian karbohidrat menjadi gas karbondioksida dan tidak menimbulkan bau

yang tidak sedap dikenal dengan istilah fermentasi. Fermentasi yang terkontaminasi adalah fermentasi yang menjadi buruk. Mikroba bertanggung jawab atas fermentasi gula menjadi alkohol. Mikroba yang paling sering digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Berikut persamaan perubahan yang terjadi (Richana, 2011) :



Gula sederhana + ragi (yeast) \longrightarrow alkohol + karbondioksida

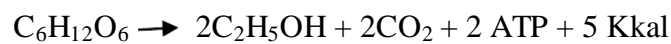
Karbohidrat akan terurai menjadi glukosa dan fruktosa, di antara senyawa lainnya, selama proses fermentasi. Enzim *Saccharomyces cerevisiae* invertase dapat mengubah glukosa menjadi alkohol. Pemecahan glukosa menjadi alkohol dan senyawa lainnya meningkat dengan ukuran ragi dan durasi fermentasi. Selama proses fermentasi, gas seperti karbon monoksida (CO₂), yang dihasilkan saat glukosa diubah menjadi etanol, biasanya masih ada dalam alkohol. Fermentasi bioetanol adalah proses dimana enzim yang diproduksi massa sel mikroba memecah gula menjadi bioetanol dan karbon dioksida. Selama proses fermentasi, setiap sampel yang telah dinetralkan ditambahkan ke dalam botol plastik berisi 500 mililiter ragi (Triadi, 2013).

Melalui lintasan *Embden Meyerhoff Pamas* (EMP), glukosa pertama kali dipecah menjadi asam piruvat selama proses fermentasi anaerobik. Asetaldehida diproduksi ketika asam piruvat didekarboksilasi. Oksidasi asam gliseraldehida 3-fosfat menghasilkan reduksi asetaldehida menjadi etanol, yang menerima elektron. Proses fermentasi anaerobik akan menghasilkan konversi 90% glukosa menjadi etanol dan CO₂ (Triadi, 2013).

Produksi bioetanol sangat dipengaruhi oleh prosedur fermentasi. Udara, suhu, volume starter, dan nutrisi (zat gizi) merupakan hal-hal yang mempengaruhi fermentasi. Aktivitas ragi memerlukan penambahan nutrisi seperti karbohidrat untuk pertumbuhan dan reproduksi. Keasaman (pH) agar ragi memfermentasi alkohol, diperlukan media asam dengan pH antara 4 dan 5. Jika zat bersifat basa, pH dapat diubah dengan menambahkan asam sulfat atau natrium bikarbonat jika

substrat bersifat asam. Karena panas yang ekstrim, suhu optimal untuk berkembang biak adalah 27-30⁰C selama fermentasi. Pendinginan diperlukan untuk menjaga suhu 27-30⁰C agar suhu fermentasi tidak naik (Juwita, 2012).

Dalam kebanyakan kasus, mikroorganisme yang digunakan dalam fermentasi etanol adalah ragi. Etanol dapat diproduksi dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Etanol, CO₂, dan air adalah produk sampingan utama dari metabolisme. Ragi ini adalah fakultatif anaerobik. Menurut persamaan reaksi berikut, glukosa, juga dikenal sebagai gula, diubah selama proses fermentasi menjadi alkohol dan gas CO₂:



2 mol etanol, CO₂, dan Adenosina trifosfat (ATP) diproduksi untuk setiap mol glukosa yang difermentasi. Secara teoritis, gram glukosa menghasilkan 0,51 etanol (Natsir, 2000).

II.5 Khamir (*Yeast*)

Mikroorganisme pertama yang digunakan manusia dalam industri makanan adalah khamir (*yeast*). Khamir adalah jamur, tetapi tidak seperti kapang, khamir kebanyakan uniseluler. Selain itu, dibandingkan dengan jamur, rasio luas permukaan terhadap volume dalam ragi lebih tinggi, yang membuatnya lebih efektif dalam memecah komponen kimia. Khamir yang sering dipakai dalam produksi alkohol secara fermentasi yaitu *Saccharomyces cereviceae*. Khamir ini berperan penting dalam proses fermentasi utama dan akhir, karena dapat memproduksi alkohol dengan konsentrasi tinggi (Rahmawati, 2010).

Saccharomyces cereviceae dapat mengubah glukosa menjadi etanol melalui fermentasi. *Saccharomyces cereviceae* menghasilkan enzim invertase dan zymase yang berperan dalam produksi etanol. Invertase ini yang memecah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, sementara zymase memecah glukosa menjadi alkohol dan karbondioksida (Hartono dan Paggara, 2011).

II.6 Kromatografi Gas

Kromatografi adalah teknik pemisahan dalam analisis. Fase diam dan fase gerak adalah dua fase yang tidak bercampur yang diperlukan untuk kromatografi. Fase diam biasanya berupa padatan dalam kolom atau cairan yang diserap (teradsorpsi), sedangkan fase gerak adalah gas atau cairan pembawa. Campuran zat yang akan dipisahkan dimasukkan ke dalam kolom berisi fase diam. Komponen campuran akan dibawa melalui fase diam kolom dengan bantuan fase bergerak. Komponen dari dua fase bergerak dengan kecepatan berbeda karena perbedaan afinitas atau interaksinya. Karena perbedaan kecepatan ini, komponen-komponen tersebut pada akhirnya akan terpisah satu sama lain (Miskah dkk, 2016).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar Program Studi Teknik Kimia Universitas Fajar Makassar dan Laboratorium Balai Besar Industri Hasil perkebunan Makassar dengan waktu pelaksanaan dari bulan Mei – Juli 2023.

III.2 Alat dan Bahan

1. Alat :

- | | |
|---------------------|----------------------------------------|
| - GCMS QP-ultra2010 | - Labu ukur |
| - Gelas kimia | - Erlenmeyer |
| - Gelas ukur | - Piknometer |
| - Corong | - Buret |
| - Timbangan digital | - Spatula |
| - Termometer | - Hotplate dan <i>magnetic stirrer</i> |
| - Batang pengaduk | |

2. Bahan :

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| - Limbah kulit durian bagian dalam | - Larutan H_2SO_4 pa |
| - <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | - Larutan <i>Luff Schoorl</i> |
| - Aquadest | - $Na_2S_2O_3$ 0,1N |
| - NaOH | - Larutan KI 20% |
| - Indicator amilum | |

III.3 Kondisi dan Variabel Penelitian

1. Kondisi tetap :

- Berat sampel: 41,7 g
- Jenis ragi: Fermipan (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Berat ragi: 5 g
- Waktu hidrolisis: 1 jam

2. Variabel penelitian :

- Konsentrasi asam : 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%
- Waktu fermentasi : 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam

III.4 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, kulit durian dikeringkan langsung dengan panas matahari kemudian digiling halus dan dihidrolisis kimiawi asam encer menggunakan larutan H_2SO_4 dan dilanjutkan dengan proses fermentasi untuk menghasilkan etanol dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae* (Miskah dkk, 2016).

1. Tahap penyiapan bahan baku limbah kulit durian (*Durio zibethinus*)
 - a. Mengumpulkan limbah kulit durian dan membersihkan kulit durian dari zat pengotor.
 - b. Memotong kulit durian dengan menggunakan pisau besar hingga berukuran kecil.
 - c. Mengeringkan limbah kulit durian selama 72 jam.
 - d. Menghaluskan limbah kulit durian menggunakan blender, kemudian diayak hingga diperoleh tepung yang halus.
2. Tahap hidrolisis
 - a. Memasukkan 41,7 g tepung kulit durian kedalam Erlenmeyer dan dicampurkan dengan larutan H_2SO_4 dengan perbandingan 1:6 (41,7 g : 250 mL)
 - b. H_2SO_4 yang dicampurkan sesuai dengan variabel yang dijalankan yaitu 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%.
 - c. Memanaskan larutan dengan suhu 90^0-100^0C selama 1 jam.
 - d. Menyaring masing-masing hasil hidrolisis untuk fermentasi dan analisis kadar glukosa dengan metode *Luff Schoorl*.
3. Tahap fermentasi
 - a. Menambahkan NaOH pada larutan hingga pH 4, kemudian didinginkan hingga suhu ruangan.
 - b. Menambahkan *Saccharomyces cerevisiae* 5 g pada masing-masing sampel.

- c. Menutup Erlenmeyer dengan aluminium foil agar tidak terkontaminasi.
- d. Fermentasi dilakukan selama 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam pada suhu kamar.
- e. Bioetanol yang dihasilkan diukur densitasnya menggunakan piknometer.

III.5 Metode Pengumpulan Data

Pengambilan data dari hasil penelitian dilakukan pada saat persiapan bahan baku, tahap hidrolisis, dan tahap fermentasi. Pada tahap hidrolisis konsentrasi H₂SO₄ yang digunakan 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Waktu fermentasi yang digunakan bervariasi, mulai dari 48 jam, 72 jam, 96 jam hingga 192 jam. Semua data penelitian dianalisis secara kuantitatif untuk uji kadar glukosa dan etanol.

III.6 Analisis Data

1. Pengujian kadar glukosa dengan metode *Luff Schoorl*
 - a. Memasukkan sampel sebanyak 10 ml kedalam Erlenmeyer.
 - b. Tambahkan 25 ml larutan *Luff Schoorl* dan 15 ml aquades.
 - c. Memanaskan larutan hingga mendidih.
 - d. Dinginkan larutan dengan cepat menggunakan air mengalir.
 - e. Memasukkan 25 ml H₂SO₄ 26,5% dan 15 ml KI 20% hingga berubah warna.
 - f. Menambahkan larutan amilum sebanyak 3 tetes.
 - g. Titrasi dengan Na₂S₂O₃ 0,1N dan mencatat volume titran.

Rumus penetapan gula menurut *Luff Schoorl* sebagai berikut:

$$\% \text{ kadar gula} = \frac{W_1 \times FP}{W} \times 100\%$$

Keterangan: W₁= mg glukosa (dari table *Luff Schoorl*)

FP= Faktor Pengenceran

W= Berat sampel

(Badan Standarisasi Nasional, 1992)

2. Uji kadar etanol dengan analisa densitas

Analisis densitas dapat digunakan untuk menguji kandungan etanol yang diperoleh. Pada suhu kamar, analisis densitas ini dilakukan dengan piknometer 25 ml. Perhitungan densitas dengan piknometer yaitu :

$$V \text{ piknometer} = \frac{(b-a)}{0,995797}$$

$$\text{Densitas} = \frac{(c-a)}{v \text{ piknometer}}$$

Keterangan:

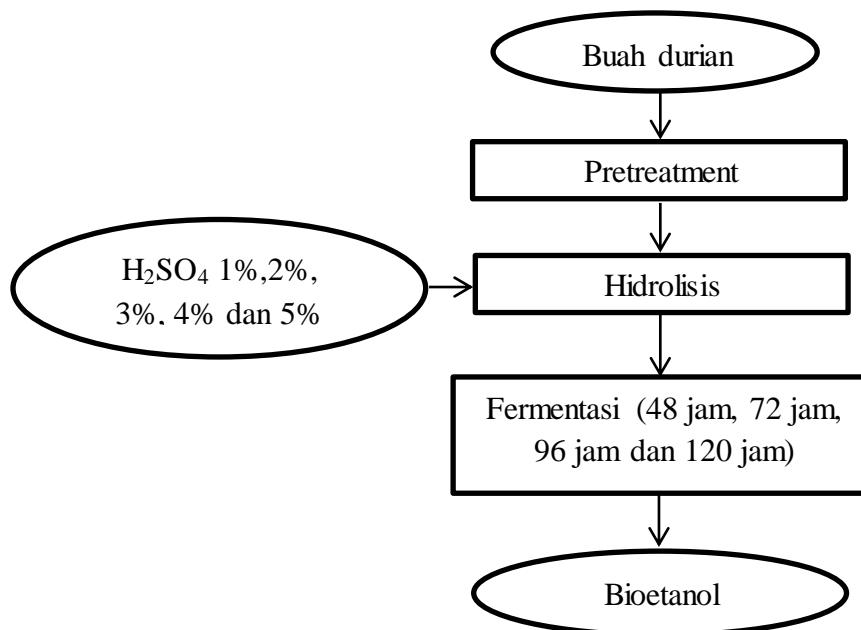
b= bobot piknometer + aquadest

a= bobot piknometer kosong

c= bobot piknometer + sampel

Dari hasil analisa densitas yang diperoleh dapat ditentukan kadar etanol dengan melihat tabel densitas standar etanol pada Lampiran Tabel B.4 (Halaman 35). Kemudian dilanjutkan dengan analisa *Gas Chromatography* (GC) pada sampel dengan kadar etanol tertinggi dari hasil analisa densitas untuk melihat kadar bioetanol lebih akurat.

III.7 Bagan Alur Penelitian



Gambar III.1 Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

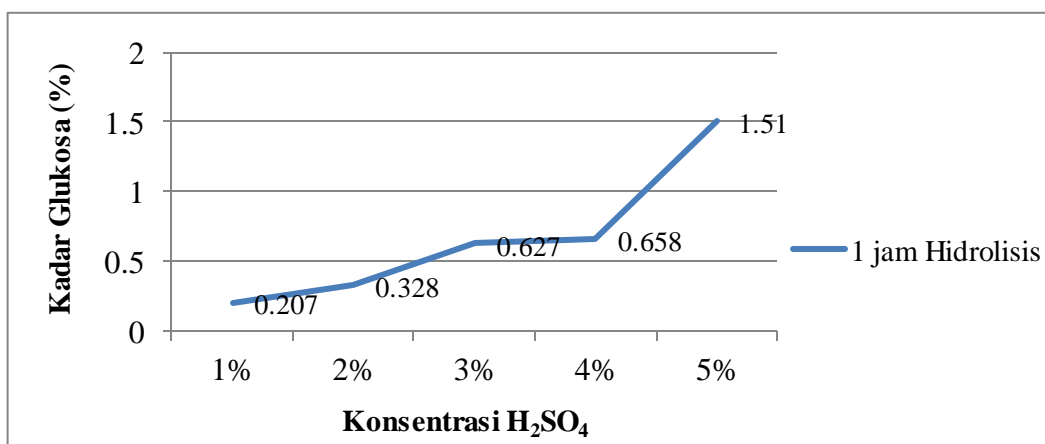
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi H_2SO_4 saat hidrolisis terhadap kadar glukosa yang dihasilkan serta pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol limbah kulit durian yang dihasilkan. Berdasarkan hal tersebut, pada bab ini akan dibahas tentang analisa kadar glukosa dan analisa kadar bioetanol.

IV.1 Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 Pada Proses Hidrolisis

Kadar glukosa pada limbah kulit durian dapat ditentukan dengan menggunakan metode analisa *Luff Scroll*. Setelah tahap hidrolisis, dilakukan analisa kadar glukosa terhadap sampel tepung kulit durian. Kandungan glukosa yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel IV.1 Hasil Analisa Kadar Glukosa menggunakan Metode *Luff Scroll*

No	Konsentrasi H_2SO_4	Waktu Hidrolisis (Jam)	Kadar Glukosa (%)
1.	1%	1	0,207
2.	2%	1	0,328
3.	3%	1	0,627
4.	4%	1	0,658
5.	5%	1	1.051



Gambar IV.1 Grafik Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Glukosa saat 1 jam hidrolisis

Pada penelitian ini limbah kulit durian yang diolah menjadi tepung kulit durian telah dihidrolisis dengan konsentrasi H_2SO_4 1%, 2%, 3 %, 4%, dan 5% selama 1 jam dengan suhu 90°C hingga 100°C . Keuntungan hidrolisis dengan asam encer adalah tidak diperlukannya *recovery* asam, dan tidak adanya kehilangan asam pada proses. Umumnya asam yang digunakan adalah H_2SO_4 dengan konsentrasi 2-5% (Iranmahboob, 2002).

Berdasarkan data pada Tabel IV.1 menunjukkan bahwa kadar glukosa setelah proses hidrolisis mengalami peningkatan terus menerus dari konsentrasi H_2SO_4 1% menghasilkan kadar glukosa sebesar 0,207%. Konsentrasi H_2SO_4 2% kadar glukosa yang terbentuk yaitu 0,328%. Konsentrasi H_2SO_4 3% kadar glukosa yang terbentuk sebesar 0,627%, konsentrasi H_2SO_4 4% kadar glukosa yang terbentuk yaitu 0,658%. Pada konsentrasi H_2SO_4 5% kadar glukosa yang terbentuk sebesar 1,051%.

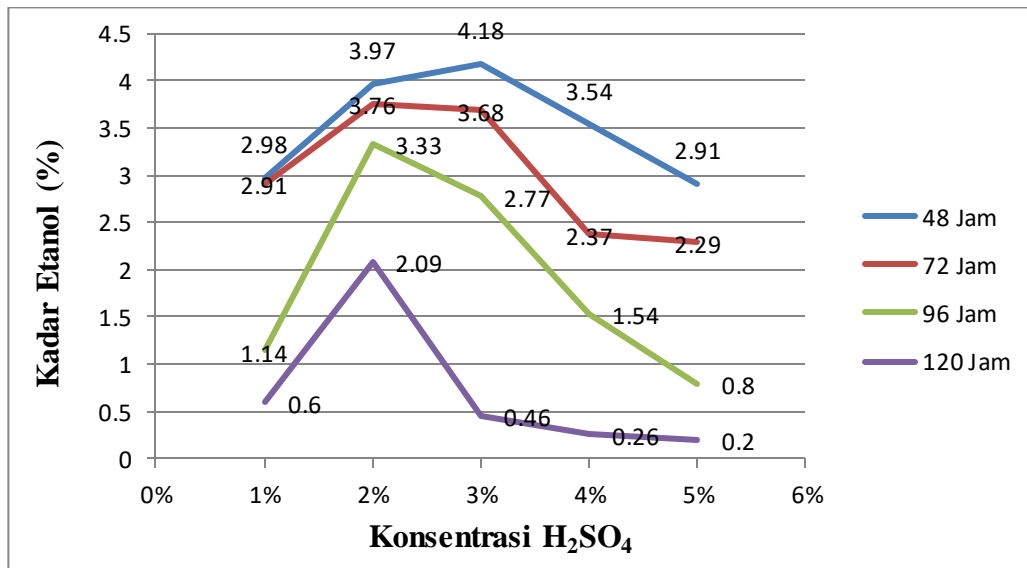
Pada proses hidrolisis gugus H^+ dan H_2SO_4 mengubah molekul pati menjadi gugus radikal bebas. Kemudian gugus radikal bebas membentuk ikatan dengan dengan gugus OH^- dari air hingga menghasilkan glukosa (Idral, 2012). Berdasarkan grafik juga dapat dilihat bahwa titik optimum dari konsentrasi H_2SO_4 yang menghasilkan kadar glukosa terbesar yaitu pada konsentrasi 5%. Peningkatan konsentrasi asam ini juga dapat mengakibatkan terdegradasinya glukosa yang sudah terbentuk menjadi produk samping yang dapat menjadi inhibitor dalam pembentukan etanol selama proses fermentasi (Taherzadeh dan Karimi, 2007).

IV. 2 Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Etanol

Pada penelitian ini, dilakukan variasi waktu fermentasi selama 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam menggunakan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*). Kadar etanol dianalisa dengan metode analisa densitas menggunakan piknometer. Kadar etanol yang diperoleh ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel IV.2 Hasil Analisa Kadar Etanol dengan Metode Berat Jenis (piknometer)

No	Konsentrasi H ₂ SO ₄	Waktu Fermentasi (Jam)	Berat Jenis	Kadar Etanol (%)
1	1%	48	0,9956	2,98
2		72	0,9958	2,91
3		96	0,9983	1,14
4		120	0,9991	0,6
5	2%	48	0,9942	3,97
6		72	0,9946	3,76
7		96	0,9951	3,33
8		120	0,9969	2,09
9	3%	48	0,9939	4,18
10		72	0,9946	3,68
11		96	0,9959	2,77
12		120	0,9993	0,46
13	4%	48	0,9948	3,54
14		72	0,9965	2,37
15		96	0,9977	1,54
16		120	0,9996	0,26
17	5%	48	0,9957	2,91
18		72	0,9966	2,29
19		96	0,9988	0,8
20		120	0,9997	0,2

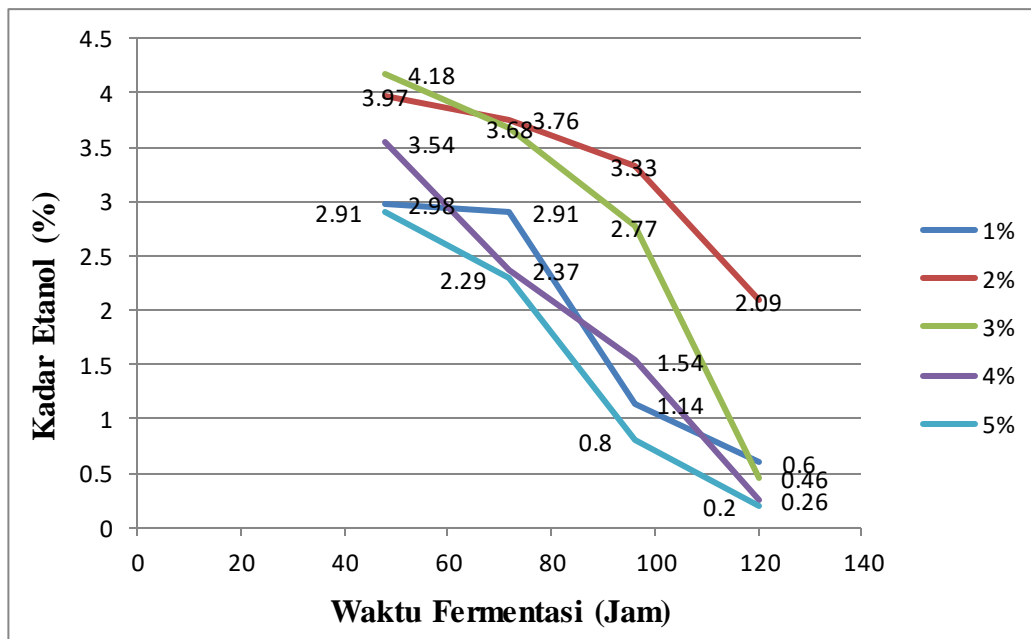


Gambar IV.2 Konsentrasi H₂SO₄ terhadap Kadar Etanol pada berbagai Waktu Fermentasi

Berdasarkan data pada Tabel IV.2 dapat diketahui bahwa kadar etanol yang diperoleh terus meningkat pada konsentrasi H₂SO₄ 1% dan 2% selama waktu fermentasi 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam, hal ini dikarenakan kecepatan reaksi membesar karena konsentrasi asam yang digunakan meningkat. Semakin banyak konsentrasi H₂SO₄ yang digunakan maka semakin cepat pula reaksi hidrolisis dan molekul pati yang menjadi glukosa semakin meningkat. Jika kadar glukosa meningkat maka kadar etanol yang dihasilkan juga akan meningkat.

Pada konsentrasi 3%, 4% dan 5% mengalami penurunan kadar etanol selama variasi waktu 72 jam, 96 jam dan 120 jam. Hal ini dikarenakan kadar etanol telah mencapai titik optimum pada konsentrasi 3% dalam waktu fermentasi 48 jam, sehingga akan mengalami penurunan jika telah lebih dari titik optimum. Banyaknya kandungan air juga dapat menyebabkan penurunan kadar etanol.

IV.3 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol



Gambar IV.3 Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol

Berdasarkan Tabel IV.3 dapat dilihat bahwa kadar etanol terus mengalami penurunan selama waktu fermentasi 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam pada konsentrasi H_2SO_4 1%, 2%, 3 %, 4%, dan 5%. Seperti pada konsentrasi H_2SO_4 1% menunjukkan bahwa pada 48 jam fermentasi kadar etanolnya sebesar 2,98%, pada 72 jam fermentasi kadar etanolnya sebesar 2,91%, pada 96 jam fermentasi kadar etanolnya yaitu 1,14% dan pada 120 jam fermentasi kadar etanolnya sebesar 0,6%. Jadi semakin lama waktu fermentasi yang dilakukan maka kadar etanol yang dihasilkan akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan pada waktu lebih dari 3 hari bakteri (*Saccharomyces cerevisiae*) mengalami fase pertumbuhan diperlambat dan mengalami fase kematian sehingga aktivitas bakteri untuk mengubah glukosa akan semakin menurun (Riyadi, 2007).

Pada Tabel IV.3 dapat dilihat bahwa waktu fermentasi yang optimum untuk hasil kadar etanol yang paling besar yaitu saat 48 jam fermentasi pada konsentrasi H_2SO_4 3% sebesar 4,18% dan hasil kadar etanol terkecil ditunjukkan pada 120 jam fermentasi dengan konsentrasi 5% sebesar 0,2%. Seiring

berjalannya waktu fermentasi, produksi gas CO₂ juga semakin bertambah. Peningkatan gas CO₂ menghambat aktivitas dari bakteri (*Saccharomyces cerevisiae*) sehingga pembentukan alkohol menurun (Jhonprimen, 2012).

IV.4 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol dengan Metode *Gas Chromatography*

Tabel IV.3 Hasil Analisa Kadar Etanol dengan Metode *Gas Chromatography*

Konsentrasi H ₂ SO ₄	Waktu Fermentasi	Kadar Etanol dengan GC-MS
5%	120 jam	4,39%

Tabel IV.4 Hasil Analisa Kualitatif dengan Metode *Gas Chromatography*

No	Komponen Penyusun Sampel Bioetanol
1.	<i>Triethylene Tetramine</i>
2.	<i>4,5-Pentanopyrazole</i>
3.	<i>Ethanone, 1-(2,4,6-trihydroxyphenyl)</i>
4.	<i>Ethanol (CAS) Ethyl alcohol</i>
5.	<i>Ethane, 1,1-diethoxy</i>
6.	<i>1-Pentanol (CAS) Amylol</i>
7.	<i>Acetic Acid, hydroxyl</i>
8.	<i>Pentanidial (CAS) Glutaraldehyde</i>
9.	<i>3-(1-Acetoxy –ethyl)</i>
10.	<i>2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-diacetone alcohol</i>
11.	<i>Hexanedial, 2-hydroxy</i>
12.	<i>1-butanol, 3-methyl-,acetate</i>
13.	<i>2,2-Diethoxyethanol</i>
14.	<i>Patchouli alcohol,1,6-methanonaphthalen-1(2H)-ol</i>
15.	<i>1-beta-pinene</i>
16.	<i>Ethanediiimidic acid</i>

Berdasarkan data yang diperoleh terkait analisa kadar etanol dengan metode berat jenis, diambil satu hasil etanol yang dianalisa menggunakan *Gas Chromatography*. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan apakah hidrosilat yang dihasilkan benar-benar etanol dan tidak ada senyawa lain (Herdini, 2020). Kadar bioetanol dapat diketahui dengan menggunakan instrument GC. Caranya dengan memplotkan luas area sampel pada persamaan garis yang telah diperoleh dari grafik hubungan antar luas area dan kadar etanol standar. Plot kurva kalibrasi dapat dilihat pada Lampiran B.3 (Halaman 37) diperoleh kadar bioetanol sebesar 4.39%. Nilai ini lebih tinggi dari analisa kadar etanol menggunakan metode berat jenis sebesar 0,2%. Hal ini disebabkan karena pada analisa menggunakan GC sampel yang digunakan lebih murni dan tidak terlalu banyak impuritis sehingga kadar etanolnya meningkat.

Pada Tabel hasil analisa kualitatif menggunakan instrument GCMS bertujuan untuk mengetahui senyawa yang terdapat pada campuran sampel bioetanol. Berdasarkan Tabel IV.4 menunjukkan bahwa etanol yang yang terbaca yaitu *Ethanol (CAS) Ethyl alcohol* dan beberapa senyawa lain selain etanol. Senyawa lain yang terdeteksi dalam bioetanol ini terjadi karena adanya kontaminasi atau oksidasi sampel selama penyimpanan atau pembuatan etanol (Loupatty, 2014). Ada beberapa alkohol yang terdapat pada sampel merupakan produk samping fermentasi yaitu *1-Pentanol (CAS) Amylol, Ethane, 1,1-diethoxy, 1-butanol, 3-methyl-,acetate, 2,2-Diethoxyethanol, Patchouli alcohol, 1,6-methanonaphthalen-1(2H)-ol*. Berdasarkan Tabel IV.4 juga dapat diketahui beberapa senyawa pengotor yang terdapat pada campuran bioetanol, yaitu *Triethylene Tetramine, 4,5-Pentanopyrazole, Acetic Acid, hydroxyl, Hexanedial, 2-hydroxy, 1-beta-pinene, Ethanediimidic acid* yang dapat mempengaruhi tingkat efektivitas sampel dalam proses pembakaran ketika bioetanol digunakan sebagai bahan bakar.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 maka kadar glukosa yang dihasilkan akan semakin meningkat. Pada penelitian ini, konsentrasi H_2SO_4 5% menghasilkan kadar glukosa tertinggi yaitu 1,051%.
2. Semakin lama waktu fermentasi menunjukkan penurunan kadar etanol yang dihasilkan. Waktu fermentasi selama 48 jam menghasilkan kadar etanol tertinggi sebesar 4,18% pada konsentrasi H_2SO_4 3%.

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka masih perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variabel waktu hidrolisis yang berbeda untuk melihat kadar bioetanol yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryasa, W. T., Artini, N. R., Risky, D. P., dan Hendrayana, M. D. (2019). Kadar Alkohol pada Minuman Tuak Desa Sanda Kecamatan Pupuan Kabupaten Tabanan Bali menggunakan Metode Kromatografi Gas. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 5(1)
- Badan Standarisasi Nasional. (1992). Cara Uji Gula. *Badan Standarisasi Nasional*, SNI 01-2892-1992.
- Corpuz, M. A., Somsri, D. S., Idris, S., dan Mal, B. (2007). *Descriptors for Durian (Durio zibethinus Murr)*. Rome, Italy: Bioversity International.
- Fifi, Nurfiana. (2009). Pembuatan Bioethanol dari Biji Durian sebagai Sumber Energi Alternatif. *Seminar Nasional V SDM Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir*, (pp. 1978-0176). Yogyakarta.
- Hartono, dan Paggara, H. (2011). Analisis Kadar Etanol Hasil Fermentasi Ragi Roti pada Tepung Umbi Gadung. *Bionature*, Vol. 12, Hal. 2.
- Hasanah, Hafidatul. (2008). *Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Tape Singkong*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Hatta, V. (2007). *Manfaat Kulit Durian Selezat Buahnya*. Lampung: Jurusan Teknik Hasil Hutan, Universitas Lampung.
- Herdini, Rohpanae, G., dan Hadi, V. (2020). Pembuatan Bioetanol dari Kulit Petai menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi *Saccaromyces cerevisiae*. *Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, Vol.7, No 2, Hal 119-128.
- Idral, D. D., Salim, M., dan Mardiah, E. (2012). Pembuatan Bioetanol dari Ampas Sagu dengan Proses Hidrolisis Asam menggunakan *Saccaromyces cerevisiae*. *Jurnal Kimia UNAND*, 1(1): 34-39.
- Iranmahboob, J., Nadim, F., dan Monemi, S. (2002). Optimizing acid-hydrolysis: a critical step for production of ethanol from mixed wood chips. *Biomass and Bioenergy*, 22: 401-404.
- Jhonprimen, d. (2012). Pengaruh Massa Ragi dan Waktu fermentasi pada Bioetanol dari Biji Durian. *Jurnal Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya*, No. 2. Vol. 18.
- Juwita, Agung, dan Susilowati, Chirilla. (2012). *Bioetanol dari Ampas dan Kulit*

Singkong. Semarang: Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.

- Kurniawan, D. W., Arifan, F., dan Adim, M. D. (2013). Pembuatan Pulp dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Durian (*Durio zibethinus* Murr) dengan Campuran (Resina colophonium) Guna Mencegah Degradasi Lingkungan. *Jurnal Gema Teknologi*, 17(3): 100-102.
- Less, R. (1975). *Food Analysis: Analytical and Quality Control Methods for Food Manufacturer and Buyer*. London: Leonard Hill Books.
- Loupatty, V. D. (2014). Pemanfaatan Rumput Laut Sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Seminar Nasional Basic Science VI FMIPA Universitas Pattimura* (p. 307). Ambon: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura.
- Miskah, Siti, Istiqomah, Nisa'ul, dan Malami, S. (2016). Pengaruh konsentrasi asam pada proses hidrolisis dan waktu fermentasi pembuatan bioetanol dari buah sukun. *Jurnal teknik Kimia*, No.3, Vol.22.
- Mosier, N., Wyman, B. Dale., Erlander, R., Y, Lee., Holtzapple, M., dan Ladish, M. (2005). Features of promising tevhnologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 96:673-686.
- Natsir, Rosdiana. (2000). *Hubungan Salinitas Perairan dengan Kuantitas Bioethanol yang dihasilkan Oleh Nipah (Nypa Fruticans) Pada berbagai Metode*. Makassar: Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin.
- Novita, Chaerul. (2013). *Durian dan Kandungan Kulitnya More Benefit for Us*. Surakarta: FKIP Universitas Sebelas Maret.
- Putra, Sofyan. (2012). *Panduan Membuat Sendiri Bensin dan Solar*. Yogyakarta: PT. Pustaka Baru Press.
- Primata, M., Prathama, H. A., dan Hayati, D. M. (2014). Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Katalisator Asam Sulfat Terhadap Sintesis Furfural dari Jerami Padi. *Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat*, Konversi, Vol 3 No.2.
- Rahmawati, A. (2010). *Pemanfaatan Limbah Kulit Ubi Kayu (Manihot utilissima pohl) dan Kulit Nanas (Ananas comocus L.) pada Produksi Bioetanol menggunakan Aspergillus niger*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Richana, Nur. (2011). *Bioethanol*. Ujung Berung, Bandung: NUANSA.
- Riyadi, L. (2007). *Teknologi Fermentasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Said, Erna, dan Abram. (2016). Bioetanol dari limbah kulit singkong (*Manihot Esculenta* Crantz) melalui proses fermentasi. *J. Akad*, 5, 121-126.
- Sari, Muria, dan Yeni, E. (2018). Produksi Bioetanol Dari Limbah Kulit Nanas Menggunakan Bakteri *Clostridium acetobutylicum* dengan Variasi Konsentrasi Inokulum dan Penambahan Nutrisi. *J. Fteknik*, 5, 1-6.
- Taherzadeh, M. J., dan Kamiri, K. (2007). *Acid-Based Hydrolysid Processes for Ethanol from Lignocellulosic Material*. *BioResources*, Vol.2, no. 3, pp 472-499.
- Triadi, Nugroho. (2013). *Peluang Besar Usaha Membuat Bensin & Solar dari Bahan Nabati*. Yogyakarta: Pustaka Mahardika.
- Wahyono. (2009). *Karakteristik Edible Film Berbahan Dasar Kulit Durian dan Pati Biji Durian untuk Pengemasan Buah Strawberry*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Widhi, F., Mahatmandi, dan Minarni. (2010). Optimalisasi olahan buah durian sebagai alternatif dalam usaha agrowisata durian. *Jurnal Penerapan Teknologi dan Pembelajaran*, 8(1): 21-26.