

STUDI PRODUKSI ALKOHOL DARI FERMENTASI TETES TEBU
(Saccharum officinarum L.)

SKRIPSI

Diajukan Oleh

M. Iqbal
NIM. 160208049
Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Prodi Pendidikan Kimia



FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2020/2021

STUDI PRODUKSI ALKOHOL DARI FERMENTASI TETES TEBU

(Saccharum officinarum L.)

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) UIN Ar-Raniry Banda
Aceh

Sebagai Salah Satu Pesyaratan Penulisan Skripsi
dalam Ilmu Pendidikan Kimia

Oleh

M. IQBAL

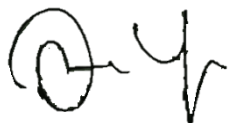
Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

Prodi Pendidikan Kimia

NIM. 160208049

Disetujui untuk Disidangkan oleh:

Pembimbing I,



Muammar Yulian, M. Si
NIP. 198411302006041002

Pembimbing II



Adean Mayasri, M. Sc
NIP. 199203122018012002

**STUDI PRODUKSI ALKOHOL DARI FERMENTASI TETES TEBU
(*Saccharum officinarum L.*)**

SKRIPSI

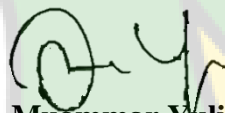
Telah Diujikan oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
serta Diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Pendidikan Kimia

Pada Hari/Tanggal:

Selasa, 26 Januari 2021 M
13 Jumadil Akhir 1442 H

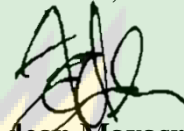
Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



Muammar Yulian, M.Si
NIP. 198411302006041002

Sekretaris,



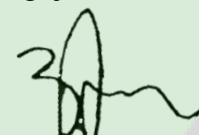
Adean Mayasri, M.Sc
NIP. 199203122018012002

Penguji I,



Teuku Badlisyah, M.Pd
NIDN. 1314038401

Penguji II,




Muhammad Reza, M.Si
NIP. 1994021220121015



Mengetahui,

**Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Darussalam Banda Aceh**



Dr. Mustim Razali, S.H, M.Ag
NIP. 195903091989031001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Iqbal
NIM : 160208049
Prodi : Pendidikan Kimia
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan
Judul Skripsi : Studi Produksi Alkohol dari Fermentasi Tetes Tebu (*Saccharum officinarum L.*)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Saya tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 19 Januari 2021

Yang menyatakan,



M.Iqbal

ABSTRAK

Nama : M. Iqbal
NIM : 160208049
Fakultas/Prodi : Tarbiyah dan Keguruan/ Pendidikan Kimia
Judul : Studi Produksi Alkohol dari Fermentasi Tetes Tebu
(*Saccharum officinarum L.*)
Tanggal Sidang : 26 Januari 2021
Tebal Skripsi : 73 Halaman
Pembimbing I : Muammar Yulian, M. Si
Pembimbing II : Adean Mayasri, M. Sc
Kata Kunci : Alkohol, Fermentasi, Tetes Tebu

Telah dilakukan penelitian tentang studi produksi alkohol dari fermentasi tetes tebu (*Saccharum officinarum L.*). Alkohol yang dimaksud disini merupakan istilah yang dipakai untuk menyebut bioetanol, yang juga disebut “*grain alcohol*”. Bioetanol dapat terus diproduksi baik secara sintesis maupun secara fermentasi. Selain itu bahan baku yang dibutuhkan pada proses fermentasi tersedia secara melimpah salah satunya yaitu limbah pabrik gula berupa tetes tebu. Pada penelitian ini nutrisi yang dipakai ialah Urea dan NPK sedangkan jenis ragi yang digunakan dalam penelitian ini adalah ragi roti (*Saccharomyces cereiseae*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar bioetanol yang dihasilkan tetes tebu (*Saccharum officinarum L.*). Perlakuan yang digunakan pada penelitian ini adalah perbedaan pengenceran konsentrasi gula total dengan aquadest dan waktu yang digunakan selama fermentasi dan perbedaan jenis nutrisi yang digunakan pada sampel. Parameter yang diukur adalah kadar alkohol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar alkohol diperlakuan pertama sebanyak 80,5 % serta positif mengandung alkohol setelah dilakukan uji FT-IR dan kadar diperlakuan kedua sebanyak 81,5 % serta positif mengandung alkohol setelah dilakukan uji FTIR, hasil tersebut sesuai dengan harapan peneliti.

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan nikmat kesehatan dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa pula penulis sanjungkan kepangkuan Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa umat islam dari alam kebodohan ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Alhamdulillah dengan petunjuk dan hidayah-Nya penulis telah selesai menyusun proposal ini untuk memenuhi salah satu syarat untuk meraih sarjana (S1) pada Prodi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh dengan judul **“Studi Produksi Alkohol dari Fermentasi Tetes Tebu (*Saccharum officinarum L*)”**. Selama penyusunan skripsi ini penulis telah banyak menerima dukungan dan bantuan dari beberapa pihak. Maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Muslim Razali S.H, M.Ag sebagai Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, para Wakil Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan beserta seluruh staf.
2. Bapak Dr. Mujakir, M.Pd. Si sebagai Ketua Prodi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Ibu Sabarni, S.Pd.I., M.Pd sebagai Sekretaris Prodi Pendidikan Kimia beserta seluruh stafnya.

3. Bapak Muammar Yulian, M.Si. selaku pembimbing I dan Ibu Adean Mayasri, M.Sc selaku pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak/ibu dosen jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Pengelola UPT Perpustakaan Ar-Raniry yang telah menyediakan fasilitas peminjaman buku untuk melengkapi bahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Ayahanda Dahri Musa, Ibunda Suryani Husen, dan semua keluarga, atas dorongan dan doa restu serta pengorbanan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2016, penulis mengucapkan terimakasih atas kerjasama, kekompakan dan semangatnya serta doa yang telah diberikan selama ini dalam menempuh pendidikan program sarjana.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan mengharapkan kritikan dan saran dari semua pihak untuk kesempurnaan skripsi ini di kemudian hari. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

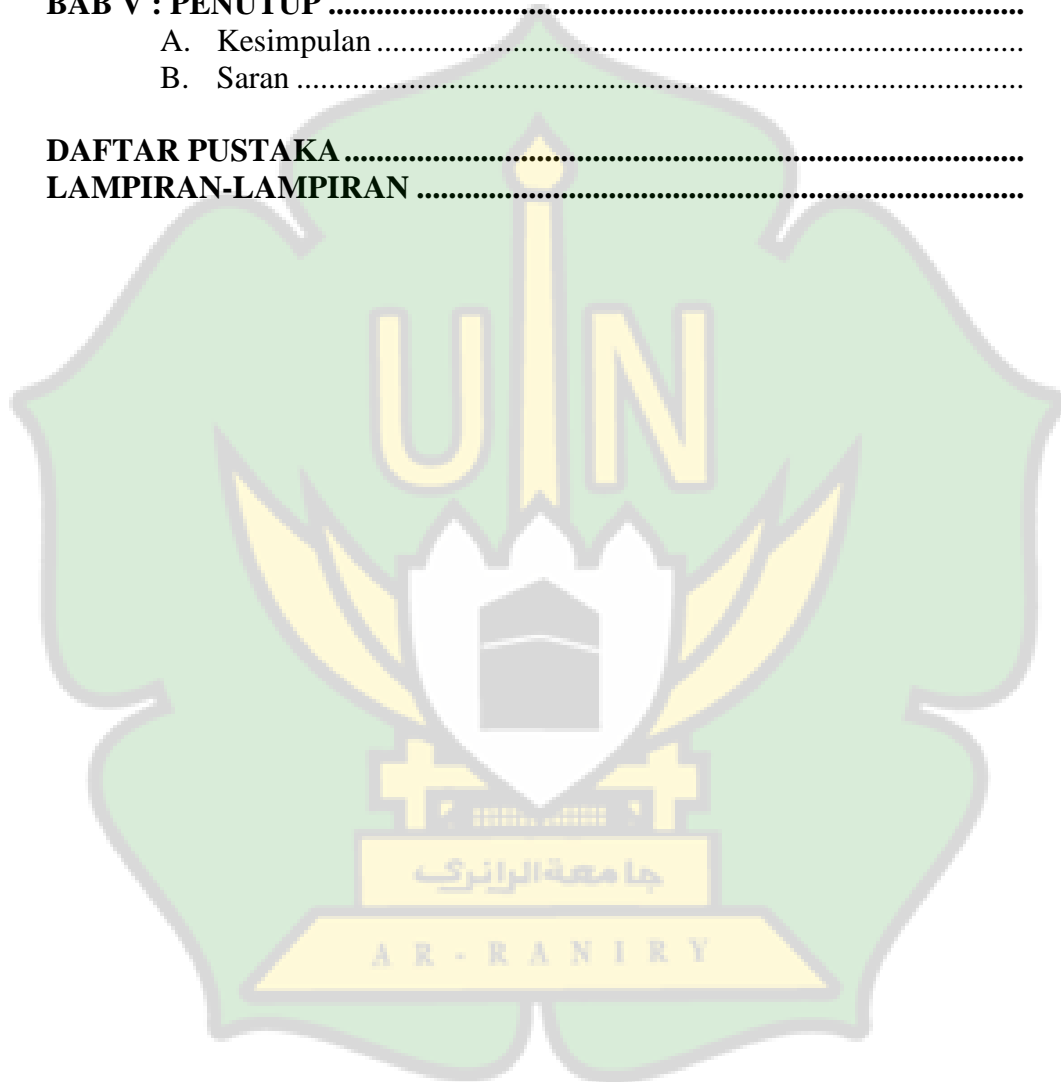
Banda Aceh, 26 Januari 2021
Penulis,

M. Iqbal
NIM. 160208049

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penulisan.....	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Batasan Penelitian.....	6
F. Definisi Operasional	6
BAB II: LANDASAN TEORITIS	9
A. Tebu	9
B. Tetes Tebu.....	11
C. Alkohol	14
D. Etanol	21
E. Bioetanol.....	23
F. Fermentasi.....	26
G. Evaporasi	40
H. Piknometer	44
I. <i>Fourier Transform infrared</i> (FT-IR)	46
BAB III : METODE PENELITIAN.....	51
A. Metode Penelitian	51
B. Waktu dan Tempat Pengujian.....	51
C. Alat dan Bahan.....	51
1. Alat	51
2. Bahan	51
D. Prosedur Kerja	52
1. Proses Fermentasi Tetes Tebu Perlakuan Pertama	52
2. Proses Fermentasi Tetes Tebu Perlakuan Kedua.....	52

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	55
A. Hasil Penelitian	55
B. Pembahasan	56
1. Hasil Preparasi dan Fermentasi dari Tetes Tebu	56
2. Hasil Perhitungan Kadar Alkohol.....	61
3. Hasil Uji <i>Fourier Transform infrared</i> (FT-IR).....	62
BAB V : PENUTUP	66
A. Kesimpulan	66
B. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN-LAMPIRAN	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rumus Struktur Etanol.....	21
Gambar 2. 2 Proses Biosintesis Etanol	30
Gambar 2. 3 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	37
Gambar 2. 4 Kurva perkembangan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	66
Gambar 2. 5 Gambar Piknometer	44
Gambar 4. 1 Hasil uji etanol dengan FT-IR perlakuan pertama	63
Gambar 4. 2 Hasil uji etanol dengan FT-IR perlakuan kedua.....	63
Gambar 4. 3 FT-IR Etanol	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen Tetes Tebu	13
Tabel 2. 2 Sifat Fisika Etanol	20
Tabel 2. 3 Daerah spektrum inframerah	47
Tabel 2. 4 Serapan khas beberapa gugus fungsi	49
Tabel 3. 1 Tabel Perry	54
Tabel 4. 1 Hasil kadar alkohol dari tetes tebu	55
Tabel 4. 2 Hasil uji FT-IR dari tetes tebu	56



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Skema kerja	70
Lampiran 2: Analisis Data	71
Lampiran 3: Dokumentasi.....	74



BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan masyarakat akan bahan bakar minyak (BBM) yang semakin meningkat dari tahun ke tahun berbanding terbalik dengan ketersediaannya. Menurunnya total cadangan bahan bakar minyak tersebut, salah satunya dikarenakan sumber penghasil bahan bakar minyak (BBM) yaitu fosil semakin lama semakin berkurang. Pembakaran bahan bakar minyak (BBM) juga menghasilkan gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan Karbon yang tidak terbakar (UHC). Gas buangan ini menyebabkan gangguan kesehatan serta mempercepat pemanasan global. Keadaan ini mendorong negara-negara industri mencari sumber energi alternatif terbarukan yang lebih aman dan efisien.¹

Energi alternatif yang tengah dikembangkan saat ini adalah penggunaan alkohol. Dalam bidang kimia, alkohol adalah istilah yang umum untuk senyawa organik apapun yang memiliki gugus hidroksil (- OH) yang terikat pada atom karbon, yang ia sendiri terikat pada atom hidrogen dan atau atom karbon lainnya. Alkohol yang dimaksud disini merupakan istilah yang dipakai untuk menyebut bioetanol, yang juga disebut "*grain alcohol*". Hal ini disebabkan karena memang bioetanol yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif tersebut.

¹ Agusta Samodra Putra, dkk, "Proses Produksi Bioetanol dari Limbah Cair Gula dalam Kaitannya dengan Potensi Sebagai Bahan Bakar dalam Perspektif *Life Cycle Inventory Assessment*". *Molekul*, Vol. 8, No.2, h. 123. Diakses pada Tanggal 9 April 2020

Bioetanol menjadi pilihan utama dunia karena senyawa ini dapat terus diproduksi baik secara sintesis kimiawi maupun secara fermentasi. Bioetanol hasil fermentasi merupakan bahan campuran (aditif) dari bahan bakar minyak (BBM) yang ramah lingkungan karena hasil pembakarannya hanya menghasilkan air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂). Selain itu bahan baku yang dibutuhkan pada proses fermentasi tersedia secara melimpah, salah satunya yaitu limbah pabrik gula berupa tetes tebu. Tetes tebu menjadi pilihan utama karena mengandung gula cukup tinggi mencapai 34-54 %, selain itu harga tetes tebu juga relatif murah. Tetes tebu juga dipilih karena dengan cara sederhana yang dapat difermentasi langsung oleh ragi menjadi etanol tanpa pengolahan pendahuluan ².

Pada penelitian sebelumnya Rochani, A. (2015) mengemukakan bahwa memberikan perlakuan konsentrasi gula larutan tetes tebu yang berbeda-beda pada proses fermentasi tetes untuk mendapatkan kadar etanol yang optimal pada skala laboratorium. Variabel penelitian tetap, terdiri dari kadar gula total tetes sebanyak 54% dengan lama fermentasi 72 jam, jenis ragi yang dipakai *Saccharomyces cerevisiae* 28 gram, untuk nutrisi ragi dan tetes tebu digunakan NPK sebanyak 14 gram serta urea sebanyak 70 gram. Kadar etanol pada konsentrasi gula 12 % adalah 4, 56 %. Kadar etanol pada konsentrasi gula 14 % adalah 6, 4 %. Kadar etanol pada konsentrasi gula 16 % adalah 12 %. Kadar etanol pada konsentrasi gula 18 % adalah 13, 85 %. Kadar etanol pada konsentrasi gula 19 % adalah 11, 82%. Kadar etanol pada konsentrasi gula 20 % adalah 8, 07 %. Kadar etanol cenderung meningkat

² Agustin Krisna Wardani, dkk, "Produksi Etanol dari Tetes Tebu oleh *Saccharomyces cerevisiae* Pembentuk Flok (NRRL-Y 265)" *AGRITECH*, Vol. 33. No. 2.

pada konsentrasi gula larutan molases 12 % – 18 % namun menurun pada konsentrasi gula larutan molases 18 % - 20 %.³

Ratna juwita (2012) menyatakan bahwa perlakuan yang digunakan pada proses fermentasi adalah tetes tebu dengan kadar gula total 50 %, jenis ragi yang dipakai *Saccharomyces cerevisiae* 30 gram, untuk nutrisi ragi dan tetes tebu digunakan urea sebanyak 30 gram. Waktu yang untuk fermentasi 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam dan pelarutan molase:air 1 : 1, 5, 1 : 2, 1 : 2, 5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar alkohol dan pH untuk aerasi selama 96 jam adalah 1, 5 % dengan pH 4, 45. Sampel kelompok 2 aerasi 96 jam 1, 5 % dengan pH 4, 72. Sampel kelompok 3 aerasi 96 jam 1, 45 % dengan pH 4, 6. Pengukuran kadar alkohol dengan pelarutan 1 : 2 adalah 1, 5 % dengan pH 4, 7.⁴

Berdasarkan penelitian terdahulu peneliti tertarik memodifikasi proses fermentasi tetes tebu dengan perbedaan perlakuan. Proses pembuatan bioetanol dari tetes tebu terdiri dari tiga tahap. Tahap yang pertama persiapan bahan baku yang bertujuan untuk menyiapkan bahan baku yang akan digunakan dalam proses fermentasi. Tahap kedua yaitu proses pengenceran, proses pengenceran bertujuan untuk mengurangi kadar gula total dari tetes tebu agar tidak terlalu tinggi. Tahap yang terakhir yaitu fermentasi, tahap fermentasi yang merupakan tahap penting dalam produksi etanol yakni menggunakan tetes tebu yang telah diencerkan gula

³ Agus Rochani, “Pengaruh Konsentrasi Gula Larutan Molases Terhadap Kadar Etanol Pada Proses Fermentasi”, *Jurnal Reka Buana*, Vol. 1. No. 1, (2015). h. 4. Diakses pada tanggal 20 April 2020 dari situs books.google.co.id

⁴ Ratna Juwita, "Studi Produksi Alkohol dari Tetes Tebu (*Saccharum officinarum* L) Selama Proses Fermentasi”, *Skripsi*, (2012), Makassar, Program Studi Keteknikan Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian.

total serta dimasukkan ragi dan nutrisi ragi sehingga menghasilkan produk bioetanol.

Produk bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi tergantung dari kualitas tetes tebu yang digunakan. Kualitas tetes tebu yang baik dapat mempengaruhi faktor-faktor kehidupan ragi yang akan berdampak terhadap produksi bioetanol yang optimal, sedangkan tetes tebu yang mempunyai kualitas buruk umumnya menghasilkan hasil produksi bioetanol yang kurang optimal.

Proses fermentasi dalam penelitian ini dengan cara mengkonversi gula menjadi etanol. Sebelum dilakukan fermentasi harus diperhatikan beberapa hal, yaitu pH, konsentrasi gula, pemakaian nutrisi, suhu, lama waktu fermentasi dan jenis ragi yang digunakan. Jenis ragi yang digunakan dalam fermentasi ini yaitu *Saccharomyces cerevisiae*, keuntungan menggunakan ragi jenis ini adalah karena *Saccharomyces cerevisiae* memiliki toleransi yang tinggi terhadap inhibitor dan juga memiliki suhu optimal yang mendekati suhu di Indonesia, yakni 30-35°C. Selain itu *Saccharomyces cerevisiae* juga sangat mudah untuk didapatkan. Faktor-faktor kehidupan *Saccharomyces cerevisiae* juga dipengaruhi dari kualitas tetes tebu yang digunakan.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “**Studi Produksi Alkohol dari Fermentasi Tetes Tebu (*Saccharum officinarum L.*)**”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka rumusan masalah penelitian ini adalah berapakah kadar alkohol yang dihasilkan dari perbedaan pelakuan proses fermentasi tetes tebu (*Saccharum officinarum L.*)?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar alkohol yang dihasilkan dari perbedaan perlakuan fermentasi tetes tebu (*Saccharum officinarum L.*).

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat terhadap pihak terkait yaitu:

1. Manfaat teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan kajian peneliti yang lain baik berkaitan dengan penelitian lanjutan yang bersifat mengembangkan maupun yang sejenis.

2. Manfaat praktis

a. Bagi peneliti

Penelitian ini dapat menjadi pengalaman dalam memanfaatkan tetes tebu (*Saccharum officinarum L.*) sebagai energi alternatif bahan bakar minyak.

b. Bagi peserta didik

Penelitian ini dapat dijadikan bahan literasi dalam memanfaatkan tetes tebu (*Saccharum officinarum L.*).

c. Bagi masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam mengolah tetes tebu menjadi bernilai ekonomis.

E. Batasan Penelitian

Untuk mendapat pembahasan yang baik dan terarah, maka digunakan batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Tetes tebu yang digunakan telah diencerkan kadar gula totalnya.
2. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode fermentasi menggunakan ragi jenis *Saccharum officinarum L.*
3. Metode pengujian gugus fungsi alkohol yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Fourier transform infrared (FT-IR)*.
4. Penentuan kadar alkohol dilakukan dengan melihat tabel Perry.

F. Definisi Operasional

Untuk menghindari agar tidak terjadi kekeliruan bagi pembaca dalam memahami istilah yang dimaksud dalam penelitian ini, maka peneliti menjelaskan beberapa istilah-istilah berikut ini:

1. Alkohol

Alkohol adalah istilah yang dipakai untuk menyebut etanol, yang juga disebut "*grain alkohol*" dan kadang untuk minuman yang mengandung alkohol. Hal ini disebabkan karena memang etanol yang digunakan sebagai bahan dasar pada minuman tersebut, bukan metanol, atau kelompok alkohol lainnya. Begitu juga

dengan alkohol yang digunakan dalam dunia farmasi dan alkohol yang dimaksudkan adalah etanol.⁵

2. Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen pati atau selulosa, seperti singkong dan tetes tebu.⁶ Karena sifatnya yang tidak beracun, bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi dan industri makanan dan minuman. Etanol tidak berwarna dan tidak berasa tapi memiliki bau yang khas.

3. Fermentasi

Fermentasi merupakan respirasi anaerob. Fermentasi hanya menghasilkan 2 molekul adenosin trifosfat (ATP). Ada dua macam fermentasi, yaitu fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat. Fermentasi merupakan proses metabolisme mikroba untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang bernilai tinggi, seperti asam-asam organik, protein sel tunggal, antibiotika, dan biopolymer. Fermentasi merupakan proses yang murah yang pada hakekatnya telah lama dilakukan oleh nenek moyang kita secara tradisional dengan produk-produknya yang sudah biasa dikonsumsi manusia sampai sekarang seperti tape, tempe, oncom, dan lain-lain. Fermentasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah fermentasi alkohol dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* (ragi roti).⁷

⁵ Toharisman arsi, *Mutu bahan baku dan preparasi medium fermentasi pelatihan teknologi alkohol*, (Pasuruan: Pusat penelitian perkebunan indonesia), h. 95-98

⁶ Erliza Hambali, dkk, *Teknologi Bioenergi*, (Bogor: PT Agromedia Pustaka, 2007), h.

⁷ Zakrinal, Sinta purnama, *Jago Biologi*, (Jakarta: Media Pusindo, 2009), h. 150

4. Tetes tebu

Tetes tebu merupakan hasil samping pabrik gula yang sudah tidak dapat dikristalkan lagi. Tetes tebu hasil dari industri gula tebu di Indonesia dikenal dengan nama tetes tebu.⁸ Tetes tebu adalah energi yang esensial dengan kandungan didalamnya, oleh karena itu tetes tebu banyak dimanfaatkan sebagai bahan tambahan untuk pakan dengan kandungan nutrisi atau zat gizi yang cukup baik.



⁸ Jafendi Hasoloan Purba, dkk, *Berternak Itik Petelur dengan Pakan Berbasis Lokal*, (Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2018), h. 98

BAB II LANDASAN TEORITIS

A. Tebu

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum L.*) merupakan tanaman perkebunan semusim yang dipanen satu kali dalam satu kali siklus hidupnya. Tanaman ini ditanam besar-besaran secara monokultur di Indonesia.

Klasifikasi tanaman tebu adalah sebagai berikut:

<i>Kingdom</i>	: <i>Plantae – Plants</i>
<i>Subkingdom</i>	: <i>Tracheobionta – Vascular plants</i>
<i>Superdivision</i>	: <i>Spermatophyta – Seed plants</i>
<i>Division</i>	: <i>Magnoliophyta – Flowering plants</i>
<i>Class</i>	: <i>Liliopsida – Monocotyledons</i>
<i>Subclass</i>	: <i>Commelinidae</i>
<i>Order</i>	: <i>Cyperales</i>
<i>Family</i>	: <i>Poaceae – Grass</i>
<i>Family Genus</i>	: <i>Saccharum L. – sugarcane P</i>
<i>Species</i>	: <i>Saccharum officinarum L. – sugarcane P</i>

Tanaman tebu mempunyai batang yang padat, tidak bercabang, dan di penampangnya terdapat lingkaran yaitu berupa ruas yang dibatasi buku-buku. Umumnya, buku-buku berjarak pada interval sekitar 15 sampai 25 cm; tapi lebih dekat di bagian batang atas dimana elongasi berlangsung. Warna dan kekerasan batang bervariasi sesuai varietas, dan diameter batang dapat berkisar diameter

antara 2,5 cm - 5,0 cm. Batang tebu juga memiliki lapisan lilin yang berwarna putih keabu-abuan dan biasanya banyak terdapat pada batang yang masih muda.

Daun tebu melekat pada batang di setiap buku-buku, secara bergantian dalam dua baris di sisi berlawanan. Daun tebu merupakan daun tidak lengkap, karena hanya terdiri dari pelepah dan helaian daun, tanpa tangkai daun. Pelepah memeluk batang, makin ke atas makin sempit. Bagian pelepah terdapat bulu-bulu dan telinga daun. Daun tebu memiliki pelepah yang kuat, biasanya berwarna putih dan cekung pada permukaan atas daun, dan hijau pucat dan cembung di permukaan bawah daun.⁹

Tebu mempunyai akar serabut yang panjangnya dapat mencapai satu meter. Sekitar 50 % berat dari akarnya berada di atas 20 cm dari tanah, dan 85 % di atas 60 cm. Akar tebu dapat menembus tanah dengan potensi air < -15 sampai -20 bar, dengan syarat massa akar utama memiliki air yang cukup. Pertumbuhannya dipengaruhi oleh kelembaban tanah dan suhu tanah, serta volume tanah yang tersedia untuk akar menyebar. Pertumbuhan akar sangat lambat ketika suhu tanah di bawah 18 °C, tetapi meningkatkan secara progresif ke optimum sekitar 35 °C. Suhu tanah yang semakin tinggi menyebabkan pertumbuhan akar juga berkurang.

Bunga tebu berupa malai dengan panjang antara 50-80 cm. Cabang bunga pada tahap pertama berupa karangan bunga dan pada tahap selanjutnya berupa tandan dengan dua bulir panjang 3-4 mm. Terdapat pula benangsari, putik dengan dua kepala putik dan bakal biji.¹⁰

⁹ Dinas Perkebunan, *Syarat Tumbuh Budidaya Tebu Lahan Kering*, (Jakarta, 2004)

¹⁰ Mariska, I. dan S. Rahayu, *Pengadaan Bibit Tebu Melalui Kultur Jaringan*, (Jakarta:

B. Tetes Tebu

Tetes tebu adalah limbah pabrik gula yang dikategorikan sebagai limbah cair yang diperoleh dari hasil pemisahan sirup *low grade* dimana gula dalam sirup tersebut tidak dapat dikristalkan lagi karena mengandung pecahan sukrosa yaitu glukosa dan fruktosa. Limbah ini memiliki kandungan sukrosa sekitar 30 % serta gula pereduksi sekitar 25 % berupa glukosa dan fruktosa. Sukrosa dalam tetes tebu merupakan komponen sukrosa yang sudah tidak dapat lagi dikristalkan di dalam industri gula. Selain senyawa gula, senyawa-senyawa yang terkandung dalam tetes tebu diantaranya biotin, asam pantotenat, tiamin, fosfor dan sulfur.

Pemanfaatan tetes tebu sangat dianjurkan, disamping karena senyawa-senyawa yang terkandung di dalamnya, pemanfaatan tetes tebu dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Selain itu, kandungan tetes tebu yang kaya akan gula dapat dijadikan substrat fermentasi untuk membentuk senyawa lain yang lebih bermanfaat seperti halnya eksopolisakarida. Potensi pada tetes tebu terutama dalam bidang pangan dan farmasi berperan penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Tetes tebu merupakan energi yang esensial dengan kandungan dengan kandungan didalamnya, oleh karena itu tetes tebu banyak dimanfaatkan sebagai bahan tambahan untuk pakan dengan kandungan nutrisi atau zat gizi yang cukup baik.¹¹

Tetes tebu yang mengandung nutrisi cukup tinggi untuk kebutuhan bakteri, telah dijadikan bahan alternatif untuk pengganti glukosa sebagai sumber karbon

¹¹ Novita, *Pengaruh Pemberian Bakteri Probiotik dan Molase dalam Pellet*, (Jakarta: Dina Astarini, 2020), h. 8

dalam media pertumbuhan mikroorganisme. Komposisi rata-rata tetes tebu dipengaruhi oleh jenis tanah, suhu, kelembaban, musim produksi, varietas, dan proses produksi. Dari berbagai faktor tersebut berpengaruh pada kandungan nutrisi, rasa, warna, viskositas dan kadar gula. Kandungan gula yang tinggi pada tetes tebu merupakan faktor utama yang menyebabkan tetes tebu berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku proses fermentasi gula. Pada industri pangan, tetes tebu umumnya digunakan dalam proses pembuatan penyedap makanan mononatrium glutamat. Selain pada industri pangan, tetes tebu juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam proses produksi bioetanol. Dalam produksi bioetanol, tetes tebu juga dapat ditambahkan pada substrat yang lain untuk mengoptimasi produk fermentasi yang dihasilkan.

Pada umumnya tetes tebu digunakan sebagai media untuk produksi alkohol secara komersial pada industri fermentasi bioetanol karena tetes tebu mudah didapatkan secara luas, murah serta dianggap sebagai bahan baku yang berkualitas. Tetes tebu tidak dapat lagi dibentuk menjadi sukrosa namun masih mengandung gula dengan kadar tinggi 50-60%, asam amino dan mineral. Tingginya kandungan gula dalam tetes tebu sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol. Tetes tebu yang akan digunakan sebagai bahan baku terutama pada produksi alkohol harus memenuhi parameter % brix. Kondisi tetes tebu yang pekat menghasilkan konsentrasi gula dalam tetes tebu cukup tinggi sehingga dapat memberikan efek pengawetan pada tetes tebu, kualitas tetes tebu yang baik harus mempunyai % brix antara 85–95 % brix.

Kualitas tetes tebu dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain jenis tebu, lokasi penanaman, kondisi iklim tanam, kondisi penyimpanan, dan kesempurnaan cara pembersihan nira tebu. Secara fisik, kualitas tetes tebu dapat diketahui dari ada atau tidaknya buih yang terdapat dalam tetes tebu. Adanya buih yang terdapat dalam tetes tebu menunjukkan rendahnya kualitas tetes tebu yang dapat disebabkan oleh aktivitas mikroorganismenya.

Tabel 2. 1 Komponen Tetes Tebu

N o.	Kandungan	Kisaran (%)	Rata-rata (%)
1.	Air	17-25	20
2.	Sakarosa	30-40	35
3.	Glukosa	4-9	7
4.	Fruktosa	5-12	9
5.	Gula pereduksi lain	1-5	3
6.	Protein kasar	2,5-4,5	4
7.	Asam amino	0,3-0,5	0,4
8.	K ₂ O		4,80
9.	CuO		1,20
10.	MgO		0,98
11.	Na ₂ O		0,10
12.	Fe ₂ O ₃		0,12
13.	SO ₃		1,90
14.	Cl		1,80
15.	P ₂ O ₅		0,60
16.	Vitamin (μ/g)		2
17.	Biotin (H)		8,80
18.	Cholin (B ₄)		0,35
19.	Asam folat (B kompleks)		23
20.	Niacin (B kompleks)		40
21.	Riboflavin (B ₂)		2,50
22.	Asam pantothenat (B kompleks)		4
23.	Pyridoxine (B ₆)		0,80

Proses pembuatan alkohol secara industri tergantung dari kualitas bahan bakunya. Komponen terbesar dalam tetes tebu yang dibutuhkan dalam pembuatan alkohol adalah gula terutama sakarosa, glukosa dan fruktosa. Komponen tersebut

sangat penting dalam proses fermentasi yang berguna untuk menentukan mutu produk alkohol yang dihasilkan. Kualitas tetes tebu sebagai baku produksi alkohol beberapa persyaratan yaitu:

- a. Tetes tebu tidak mengalami kerusakan.

Tetes tebu yang mengalami kerusakan akan mempengaruhi hasil produksi alkohol. Suatu proses pengendalian atau penyimpanan yang keliru dapat menyebabkan kehilangan gula secara langsung. Kehilangan gula mengakibatkan faktor-faktor nutrisi yang dibutuhkan *yeast* untuk menghasilkan alkohol berkurang, sehingga produk alkohol yang dihasilkan tidak optimal.

- b. Kandungan gula.

Pada proses produksi alkohol dengan cara fermentasi, gula akan diubah menjadi alkohol. Kandungan gula dalam bahan baku dan kondisi fermentasi yang optimal akan mendukung terbentuknya alkohol secara maksimal. Kualitas suatu tetes tebu sebagai bahan baku industri alkohol sangat ditentukan oleh kandungan gulanya. Kandungan gula yang tinggi akan menghasilkan produk alkohol yang optimal.¹²

C. Alkohol

Alkohol adalah istilah yang dipakai untuk menyebut etanol, yang juga disebut “*grain alcohol*” dan kadang untuk minuman yang mengandung alkohol. Hal ini disebabkan karena memang etanol yang digunakan sebagai bahan dasar pada

¹² Toharisman arsi, *Mutu bahan baku dan preparasi medium fermentasi pelatihan teknologi alkohol*, (Pasuruan: Pusat penelitian perkebunan indonesia), h. 95-98

minuman tersebut, bukan metanol, atau kelompok alkohol lainnya. Begitu juga dengan alkohol yang digunakan dalam dunia farmasi dan Alkohol yang dimaksudkan adalah etanol.

Alkohol yang sering digunakan sebagai pelarut adalah jenis metanol, etanol dan isopropanol. Metanol digunakan sebagai pelarut dalam cat, bahan anti beku dan senyawa kimia lainnya. Sedangkan etanol banyak digunakan sebagai pelarut, antiseptik, campuran obat batuk, bahan minuman keras dan minuman lain yang mengandung alkohol.

Etanol yang tergantung pada kadar alkohol yang kandungannya dapat dibagi menjadi tiga tingkat sebagai berikut:

1. Tingkat industri dengan kadar alkohol 90-94%.
2. Tingkat netral dengan kadar alkohol 96-99, 5% biasanya digunakan untuk campuran minuman keras atau bahan baku farmasi.
3. Tingkat bahan bakar dengan kadar alkohol di atas 99, 5%.

Alkohol dapat dibagi kedalam beberapa kumpulan yaitu alkohol monohidrik, alkohol dihidrik, gula alkohol dan alkohol lemak.

a. Alkohol Monohidrik

Alkohol monohidrik adalah alkohol yang mengandung satu kumpulan hidroksil (-OH). Terdapat lima jenis alkohol monohidrik yaitu metanol (spirit kayu), etanol, propanol, butanol, dan pentanol. Sebagai contoh, metanol adalah bahan beracun dan tidak boleh digunakan oleh manusia. Metanol mudah menguap. Cairannya tidak berwarna dan mudah terbakar. Sedangkan etanol dikenal sebagai alkohol biji atau alkohol minuman. Ia tidak berwarna serta mudah terbakar dan

mempunyai sifat toksik dan beracun. Ia lebih biasa digunakan dalam makanan dibandingkan dengan jenis alkohol lain karena rasa dan aromanya yang menarik. Takaran bagi etanol adalah 0.71% berdasarkan data keselamatan bahan.

b. Alkohol Dihidrik

Alkohol dihidrik adalah molekul alkohol dengan dua kumpulan hidroksil (-OH) pada atom karbonnya. Secara umum, alkohol jenis ini tergolong dalam kumpulan diol atau glikol seperti ethilena glikol (EG) dan propilena glikol (PG). Kedua jenis alkohol ini adalah merupakan cairan sintetik yang tidak berwarna, tidak berbau dan boleh menyerap air. Sehubungan dengan ini, PG banyak digunakan dalam produk makanan seperti es krim rendah lemak selain daripada berfungsi sebagai pelarut warna dan juga perasa. EG adalah bahan yang biasa digunakan sebagai agen anti sejuk beku. Kadar ketoksikan yang lebih tinggi. Oleh karena itu penggunaan PG dalam makanan adalah lebih sesuai dibanding dengan EG melihat kadar bagi PG adalah 2.2 %.

c. Gula Alkohol

Gula alkohol adalah sebagian karbohidrat tetapi bukan gula atau alkohol. Secara semula ia berasal dari dalam tumbuh-tumbuhan dan banyak digunakan sebagai pengganti gula dalam makanan karena kandungan kalornya yang rendah. Gula alkohol yang biasa digunakan adalah seperti maltitol, xylitol, sorbitol, gliserol, isomalt dan sebagainya. Sebagai contoh, sorbitol adalah pemanis yang boleh didapati dalam berbagai produk makanan. Ia berfungsi sebagai agen untuk mengekalkan kelembapan makanan. Gliserol pula dikenali sebagai gliserin. Ia

merupakan sebagian yang tidak mempunyai bau dan warna tetapi memiliki rasa yang manis. Ia berfungsi sebagai pelembap dalam produk kosmetik.

d. Alkohol Lemak

Alkohol lemak adalah alkohol yang berasal dari asid lemak atau metal ester dari kelapa, kelapa sawit atau lemak babi. Ia berfungsi sebagai pemekat dalam bahan makanan dan juga kosmetik.¹³

Pada umumnya sebagai media untuk produksi alkohol secara komersial pada industri fermentasi alkohol di Indonesia yaitu tetes tebu yang bisa didapatkan secara luas dan murah. Banyaknya tersedia tetes tebu sehingga memungkinkan untuk melakukan proses fermentasi alkohol.¹⁴

Dalam proses fermentasi alkohol digunakan ragi. Ragi ini dapat mengubah glukosa menjadi alkohol dan gas CO₂. Ragi merupakan mikroorganisme bersel satu, tidak berklorofil dan termasuk golongan *eumycetes*. Dari golongan ini dikenal, antara lain *Saccharomyces anamensis*, *Schizosaccharomyces pombe* serta *Saccharomyces cerevisiae*. Masing-masing mempunyai kemampuan memproduksi alkohol yang berbeda. Pada umumnya ragi yang dipakai untuk pembuatan alkohol adalah jenis *Saccharomyces cerevisiae*, yang mempunyai pertumbuhan sempurna pada suhu + 30°C dan pH 4, 8.

Secara umum penggunaan alkohol dalam barang kepenggunaan masih menjadi polemik yang mengelirukan masyarakat hingga hari ini. Kekeliruan

¹³ Dzulkifly Mat Hashim, "Penjenisan Alkohol dan Kesan Penggunaannya Dalam Makanan dan Minuman", *Jurnal Halal*, 2008, h. 22-23.

¹⁴ Sa'id, E.G, *Bioindustri Penerapan Teknologi Fermentasi*. (Pusat antar Universitas Biologi- IPB: Bogor, 1987)

inibukan hanya melibatkan golongan masyarakat awam bahkan juga kelompok ahli akademik dan para ulama. Dalam hal ini, golongan yang terlibat dapat dibagikan sekurang-kurangnya kepada dua golongan. Pertama golongan yang mendakwa alkohol adalah bahan najis yang menyamai khamar lantas ia di hukumkan sebagai haram. Kedua, golongan yang menganggap alkohol suci karena ia berbeda daripada khamr sekalipun tidak dinafikkan ia adalah kandungan utama dalam komposisi khamar.

Penggunaan dan manfaat alkohol dalam kehidupan sehari-hari.

1. Penggunaan alkohol dalam obat-obatan.

Penggunaan alkohol dalam obat-obatan utamanya sebagai bahan pembantu dalam proses formulasi atau pembuatan obat tersebut. Jadi alkohol dalam obat-obatan bukan merupakan bagian utama yang dimaksudkan untuk "obat", tetapi lebih sebagai bahan "penolong". Bentuk obat-obatan zaman dulu ada yang berupa tingtur, ekstrak cair yang pada hakekatnya hasil dari proses penyarian bahan obat, yang umumnya dari tumbuhan, dengan alkohol. Pada saat ini sediaan seperti itu sudah sangat langka. Pemakaian alkohol dalam obat-obatan biasanya dalam obat yang berbentuk cair, yang dimaksudkan untuk melarutkan bahan obat yang sukar larut dalam air. Fungsi alkohol untuk melarutkan ini sudah banyak diambil alih oleh adanya emulgator (pengemulsi) atau bahan pensuspensi.¹⁵

¹⁵ Dzulki-fly Mat Hashim, "Penjenisan Alkohol dan Kesan Penggunaannya Dalam Makanan dan Minuman", ...

2. Penggunaan alkohol dalam makanan

Penggunaan alkohol dalam makanan terutama dijumpai pada minuman yang secara populer dikenal dengan nama minuman keras seperti bir, wiski, jenever, anggur dan lain-lain. Karena sifatnya yang memabukkan maka di Negara maju ada peraturan yang melarang seseorang mengendarai kendaraan bermotor bila dalam pengaruh minuman beralkohol. Sebagai contoh pemerintah Australia menetapkan batas maksimum kadar alkohol dalam darah pengemudi kendaraan adalah 0.05 %. lebih dari kadar yang ditetapkan tersebut dianggap melanggar hukum.

Alkohol juga dijumpai pada makanan yang diproduksi dengan peragian seperti tape. Demikian pula asam asetat, yang merupakan bahan kimia yang dapat dihasilkan dari proses oksidasi alkohol yang banyak digunakan dalam berbagai jenis makanan seperti acar, *mayonnaise*, dan lain-lain.

3. Penggunaan alkohol dalam Kosmetik

Banyak kosmetik yang mengandung alkohol utamanya kosmetik yang berupa cair, seperti parfum semprot dan pengecat kuku. Seperti telah disebutkan di muka etil asetat, sebagai senyawa turunan alkohol, banyak digunakan sebagai pelarut dalam kosmetik karena sifatnya yang dapat melarutkan bahan-bahan pewangi dan mudah menguap. Bila parfum disemprotkan maka pelarutnya lekas menguap dan bahan pewanginya akan tertinggal ditempat semprotan.¹⁶

¹⁶ Sugiyanto, Pemakaian Alkohol dan Zat Kimia Lain dalam Obat-obatan, Kosmetika dan Makanan, *TARJIH*, Edisi ke 4, 2002), h. 38-39.

4. Penggunaan alkohol dalam bahan bakar minyak

Alkohol sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, bila mempunyai kadar kemurnian 99,5%. Jika kadar di bawah 90%, mesin tidak menyala karena kandungan airnya tinggi.¹⁷

Penyalahgunaan pemakaian alkohol

Alkohol merupakan zat yang dapat mempengaruhi kondisi fisik dan mental, zat yang dapat membuat merasa santai dan senang namun dapat berakibat masalah kesehatan yang serius. Penyalahgunaan alkohol sudah sangat marak setelah penyalahgunaan narkoba, mulai dari remaja hingga orang dewasa.¹⁸

Pada tahun 2013 penyalahgunaan NAPZA mencapai 3,7 jiwa (22%). Pada tahun 2014 mengalami peningkatan, Badan Narkotika Nasional (BNN) memperkirakan ada 3,2 juta orang (1,5% dari total populasi) di Indonesia mempunyai riwayat menggunakan NAPZA diantaranya 46% adalah perilaku minum alkohol (Triyono, 2014). Data dinas penelitian dan pengembangan (Dislitbang Polri, 2014), pengguna alkohol remaja mulai dari usia 14-16 tahun (47,7%), 17-20 tahun (51,1%) dan 21-24 tahun (31%). Sedangkan di Jawa Tengah, berdasarkan data dari Riskesdas pada tahun 2009 jumlah peminum alkohol adalah 22%. Mengalami peningkatan pada tahun 2010, menurut Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah diperkirakan sekitar 25% remaja telah menggunakan minuman keras.

¹⁷ Suprianto, T., Sigid M., Muhammad K, Bahan Bakar Gasohol (Premium-Bioetanol) dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan *Pretreatment Lignocellulotic* Material dan Fermentasi. *Kimia Lingkungan*, Vol.16, No. 2, 2016, h. 101-200.

¹⁸ Subiyantoro, Faktor yang Mempengaruhi Remaja Mengonsumsi Minuman Beralkohol di RT 07 RW 06 Kelurahan Pacar Kembang Kecamatan Tambaksari Surabaya. *Jurnal Kesehatan*, h. 2-5.

Faktor penyebab seorang peserta didik mengkonsumsi alkohol adalah faktor individual/kepribadian individu (rasa kurang percaya diri, sifat mudah kecewa, rasa ingin tahu dan coba-coba, pelarian dari suatu masalah), faktor lingkungan (lingkungan keluarga, sekolah, teman sebaya, masyarakat).¹⁹

D. Etanol

Etanol (C_2H_5OH) (sering disebut juga etil-alkohol atau alkohol saja), adalah alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Karena sifatnya yang tidak beracun, bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi dan industri makanan dan minuman. Etanol memiliki beberapa karakteristik, antara lain berwujud cair, tidak berwarna, volatil, mudah terbakar, dan larut dalam air.

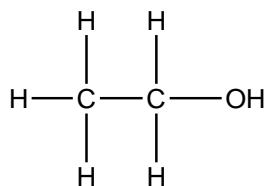
Tabel 2. 2 Sifat Fisika Etanol

Sifat Fisika Etanol	
Titik beku	-114,1°C
Titik didih	78,32°C
Kelarutan dalam air pada 20°C	Sangat larut Massa
Molekul relative	46,07 g/mol
Densitas pada 20°C	0,7893 g/mol
Kalor penguapan pada 78,32°C	200,6 kal/g
Viskositas pada 20°C	1,17 Cp
Kalor pembakaran pada 25°C	7092,1 kal/g
Kalor spesifik pada 20°C	0,579 kal/g

Rumus molekul etanol adalah C_2H_5OH atau rumus empiris C_2H_6O .

Sedangkan rumus struktur dapat diperhatikan gambar 2.2.

¹⁹ Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, *Profil Kesehatan wilayah Semarang*, (Semarang: Dinas Kesehatan Jawa Tengah, 2010)



Gambar 2. 1 Rumus Struktur Etanol

Etanol telah digunakan manusia sejak jaman prasejarah sebagai bahan pemabuk dalam minuman beralkohol. Residu yang ditemukan pada peninggalan keramik yang berumur 9000 tahun dari cina bagian utara menunjukkan bahwa minuman beralkohol telah digunakan oleh manusia prasejarah pada masa neolitik.

Etanol membentuk larutan azeotrop. Karena itu pemurnian etanol yang mengandung air dengan cara penyulingan biasa hanya mampu menghasilkan etanol dengan kemurnian 96%. Etanol murni (*absolut*) dihasilkan pertama kali pada tahun 179 oleh Johan Tobias Lowitz yaitu dengan cara menyaring alkohol hasil distilasi melalui arang. Lavoisier menggambarkan bahwa etanol adalah senyawa yang terbentuk dari karbon, hidrogen dan oksigen. Pada tahun 1808 Saussure dapat menentukan rumus kimia etanol.²⁰

Lima puluh tahun kemudian menerbitkan rumus bangun etanol. Dengan demikian etanol adalah Salah satu senyawa kimia yang pertama kali ditemukan rumus bangunnya.

Berdasarkan bahan baku dan proses produksinya, etanol dibedakan menjadi dua, yaitu etanol sintesis dan bioetanol (etanol nabati). Etanol sintesis diproduksi secara sintesis dengan mereaksikan etana dan air pada tekanan dan suhu yang tinggi (300°C dan 70 atm). Berbeda dengan etanol sintesis, bioetanol diproduksi secara

²⁰ Toharisman arsi, *Mutu bahan baku dan preparasi medium fermentasi pelatihan teknologi alkohol...*

fermentasi menggunakan mikroorganisme dengan bahan baku yang mengandung gula (air kelapa, sorgum, tetes tebu, dan lain-lain) atau pati (jagung, singkong, dan umbi-umbian lain).

E. Bioetanol

Bioetanol adalah cairan biokimia pada proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat yang menggunakan bantuan mikroorganisme. Louis Pasteur pertama kalinya mengenalkan metode fermentasi. Sementara Gay-Lussac di tahun 1815 memformulasikan konversi glukosa menjadi etanol dan karbon dioksida. Bioetanol dibedakan menjadi tiga golongan berdasarkan bahan baku produksinya. Golongan pertama adalah bioetanol yang diproduksi dari bahan-bahan yang memiliki banyak kandungan sukrosa (buah-buahan, tebu, dan sorgum) dan pati (jagung, gandum, padi, kentang, dan singkong). Golongan kedua adalah bioetanol yang diproduksi dari biomassa lignoselulosa, contohnya rumput-rumputan dan golongan tumbuhan berkayu. Golongan ketiga adalah bioetanol yang diproduksi dari biomassa alga (mikroalga dan makroalga).

Persiapan bahan baku beragam bergantung pada bahan bakunya, tetapi secara umum terbagi dalam beberapa proses, yaitu:

1. Tebu dan gandum manis harus digiling untuk mengekstrak gula.
2. Tepung dan material selulosa harus dihancurkan untuk memecahkan susunan tepungnya agar bisa berinteraksi dengan air secara baik.

3. Pemasakan, tepung dikonversi menjadi gula melalui proses pemecahan menjadi gula kompleks (*liquefaction*) dan sakarifikasi (*Saccharification*) dengan penambahan air, enzim serta panas (enzim hidrolisis).²¹

Apabila bahan dasarnya masih padatan, maka pada tahap persiapan bahan padatan tersebut harus dikonversi terlebih dahulu menjadi larutan gula sebelum akhirnya difermentasi untuk menghasilkan etanol. Tetapi, bahan-bahan yang sudah dalam bentuk larutan gula (tetes tebu) dapat langsung difermentasikan.

Bioetanol dapat dibuat melalui proses fermentasi diikuti kemudian dengan proses evaporasi sehingga serat dan gumpalan gula dari bahan dasar (jagung, gandum, tebu, buah-buahan ataupun sisa sayur mayur) ataupun pengotor lainnya terpisah dari etanolnya. Produksi bioetanol dengan bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa), kemudian dilakukan proses peragian atau fermentasi gula menjadi etanol dengan penambahan *yeast* atau ragi.²²

Selain bioetanol dapat diproduksi dari bahan tanaman yang mengandung selulosa, namun dengan adanya lignin mengakibatkan proses penggulaannya menjadi sulit, sehingga pembuatan bioetanol dari selulosa tidak direkomendasikan meskipun teknik produksi bioetanol merupakan teknik yang sudah lama diketahui, namun bioetanol untuk bahan bakar kendaraan memerlukan etanol dengan

²¹ Sjahrul Bustaman, "kebijakan pengembangan bahan bakar nabati (Bioetanol)", Vol.16, No.2, 2008, hal. 128. Diakses pada tanggal 10 April 2020 dari situs books.google.co.id

²² Senam, *Prospek Bioetanol sebagai Bahan Bakar yang Terbarukan dan Ramah Lingkungan*, (Yogyakarta: Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 2009).

karakteristik tertentu yang memerlukan teknologi yang relatif baru di Indonesia antara lain mengenai neraca energi (*energy balance*) dan efisiensi produksi, sehingga penelitian lebih lanjut mengenai teknologi proses produksi etanol masih perlu dilakukan.

Bioetanol bersifat multiguna di campur dengan bensin pada komposisi berapa pun memberikan dampak positif. Pencampuran bioetanol absolut sebanyak 10% dengan bensin (90%) sering disebut Gasol E-10. Gasohol singkatan dari gasolina (bensin) plus alkohol (bioetanol). Etanol absolut memiliki angka oktan (RON) 117, sedangkan premium hanya 87-88. Gasohol E-10 secara proporsional memiliki angka oktan (RON 92) atau setara dengan pertamax. Pada komposisi ini bioetanol dikenal sebagai *oktan enhancer* (adiktif) yang paling ramah lingkungan dan di negara-negara maju telah menggeser penggunaan *tetra ethyl lead* (TEL) maupun *methyl tertiary buthyl eter* (MTBE).

Kelebihan-kelebihan bioetanol dibandingkan bensin, antara lain:

1. Bioetanol aman digunakan sebagai bahan bakar, titik nyala etanol tiga kali lebih tinggi dibandingkan bensin.
2. Emisi hidrokarbon lebih sedikit.
3. Konsumsi bahan bakar mengalami pemurnian seiring meningkatnya kandungan etanol

Kekurangan bioetanol adalah:

1. Mesin dingin lebih sulit melakukan starter.
2. Bioetanol bereaksi dengan logam seperti magnesium dan aluminium.

3. Emisi nitrogen oksida lebih tinggi.²³

F. Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen) maupun aerob. Secara umum, Fermentasi adalah Salah satu bentuk respirasi anaerobik, akan tetapi, terdapat definisi yang lebih jelas yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal.

Fermentasi mempunyai pengertian aplikasi metabolisme mikroba untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang bernilai tinggi, seperti asam-asam organik, protein sel tunggal, antibiotika, dan biopolimer. Fermentasi merupakan proses yang relatif murah yang pada hakekatnya telah lama dilakukan oleh nenek moyang kita secara tradisional dengan produk-produknya yang sudah biasa dikonsumsi manusia sampai sekarang seperti tape, tempe, oncom, dan lain –lain.

Fermentasi juga dapat diartikan sebagai suatu disimilasi senyawa-senyawa organik yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme. Disimilasi merupakan reaksi kimia yang membebaskan energi melalui perombakan nutrisi. Pada proses disimilasi, senyawa substrat yang merupakan sumber energi diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana atau tingkat energinya lebih rendah. Reaksi disimilasi merupakan aktivitas katabolik sel.²⁴

²³ Sjahrul Bustaman, “kebijakan pengembangan bahan bakar nabati (Bioetanol)”, ...

²⁴ Putri, S. A, “Hubungan Antara Kadar Gula Reduksi, Jumlah Sel Mikroba, dan Etanol dalam Produksi Bioetanol dari Fermentasi Air Kelapa dengan Penambahan Urea”. *Fakultas Pertanian*, Vol. 3, No. 2, 2016, hal 1-8.

Proses fermentasi mendayagunakan aktivitas suatu mikroba tertentu atau campuran beberapa spesies mikroba. Mikroba yang banyak digunakan dalam proses fermentasi antara lain khamir, kapang dan bakteri. Kemajuan dalam bidang teknologi fermentasi telah memungkinkan manusia untuk memproduksi berbagai produk yang tidak dapat atau sulit diproduksi melalui proses kimia. Teknologi fermentasi merupakan salah satu upaya manusia dalam memanfaatkan bahan-bahan yang berharga relatif murah bahkan kurang berharga menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi dan berguna bagi kesejahteraan hidup manusia. Oleh karena itu, penelitian dalam bidang teknologi fermentasi telah dan terus dikembangkan. Salah satu penelitian dalam bidang ini diarahkan untuk mencari bahan mentah berharga murah dan banyak tersedia untuk dimanfaatkan sebagai substrat.

Secara umum ada empat kelompok fermentasi yang penting secara ekonomi:

1. Fermentasi yang memproduksi sel mikroba (*biomass*)

Produksi komersial dari *biomass* dapat dibedakan menjadi produksi yeast untuk industri roti, dan produksi sel mikroba untuk digunakan sebagai makanan manusia dan hewan.

2. Fermentasi yang menghasilkan enzim dari mikroba

Secara komersial, enzim dapat diproduksi oleh tanaman, hewan, dan mikroba, namun enzim yang diproduksi oleh mikroba memiliki beberapa keunggulan yaitu, mampu dihasilkan dalam jumlah besar dan mudah untuk meningkatkan produktivitas bila dibandingkan dengan tanaman atau hewan.

3. Fermentasi yang menghasilkan metabolit mikroba

Metabolit mikroba dapat dibedakan menjadi metabolit primer dan metabolit sekunder. Produk metabolisme primer yang dianggap penting contohnya etanol, asam sitrat, polisakarida, aseton, butanol, dan vitamin. Sedangkan metabolit sekunder yang dihasilkan mikroba contohnya antibiotik, pemacu pertumbuhan, inhibitor enzim, dan lain-lain.

a. Proses transformasi

Sel mikroba dapat digunakan untuk mengubah suatu senyawa menjadi senyawa lain yang masih memiliki kemiripan struktur namun memiliki nilai komersial yang lebih tinggi. Proses transformasi dengan menggunakan mikroba ini lebih baik bila dibandingkan dengan proses kimia, berkaitan dengan penggunaan reagen kimia yang lebih sedikit. Selain itu proses dapat berlangsung pada suhu rendah tanpa membutuhkan katalis logam berat yang berpotensi menimbulkan potensi.

Fermentasi dapat dilakukan dengan metode kultur permukaan dan kultur terendam (*submerged*). Medium kultur permukaan dapat berupa medium padat, semi padat atau cair. Sedangkan kultur terendam dilakukan dalam medium cair menggunakan bioreaktor yang dapat berupa labu yang diberi aerasi, labu yang digoyang dengan *shaker* atau fermentor.

Dibandingkan dengan medium padat, medium cair mempunyai beberapa kelebihan, yaitu:

1. Jenis dan konsentrasi komponen-komponen medium dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan,
2. Dapat memberikan kondisi yang optimum untuk pertumbuhan,

3. Pemakaian medium lebih efisien.

Fermentasi permukaan medium cair merupakan cara fermentasi yang telah sejak lama dipraktekkan untuk memproduksi berbagai produk fermentasi, misalnya produksi asam asetat secara tradisional. Fermentasi permukaan medium cair ini mulai ditinggalkan sejak fermentasi terendam terbukti lebih efisien, khususnya dalam memproduksi produk-produk fermentasi yang bernilai ekonomis tinggi dan menghendaki sterilitas yang tinggi, seperti misalnya produksi antibiotika.

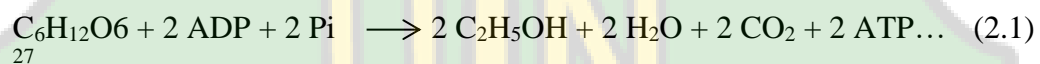
Kondisi yang optimum untuk suatu proses fermentasi tergantung pada jenis mikroorganismenya. Pengendalian faktor-faktor fermentasi bertujuan untuk menciptakan kondisi yang optimum bagi pertumbuhan dan produksi metabolit yang diinginkan dari suatu mikroorganisme tertentu. Berbagai mikroorganisme seperti jamur, bakteri, dan mikroorganisme yang terdapat pada ragi dapat digunakan untuk proses fermentasi. Namun, proses fermentasi bioetanol seringkali disarankan menggunakan ragi spesifik dengan bakteri spesifik yaitu *Saccharomyces cerevisiae* (ragi roti). Proses fermentasi tradisional bergantung pada ragi yang mengubah gula enam karbon (terutama glukosa) menjadi etanol.²⁵

Tetes tebu mempresentasikan media fermentasi yang hampir sempurna karena terdiri dari gula (sukrosa, glukosa, fruktosa), mineral, vitamin, asam lemak, asam organik, dan sebagainya. Selanjutnya, nitrogen tambahan dalam bentuk diamonium fosfat biasanya ditambahkan. Semakin banyak glukosa dari tangkai tebu yang dikeluarkan untuk produksi gula kristal, semakin buruk kualitas tetes tebu

²⁵ Zakrinal, Sinta purnama, *Jago Biologi*, ...

karena mengandung kadar garam dan inhibitor berlebih yang dihasilkan selama proses perlakuan panas.²⁶

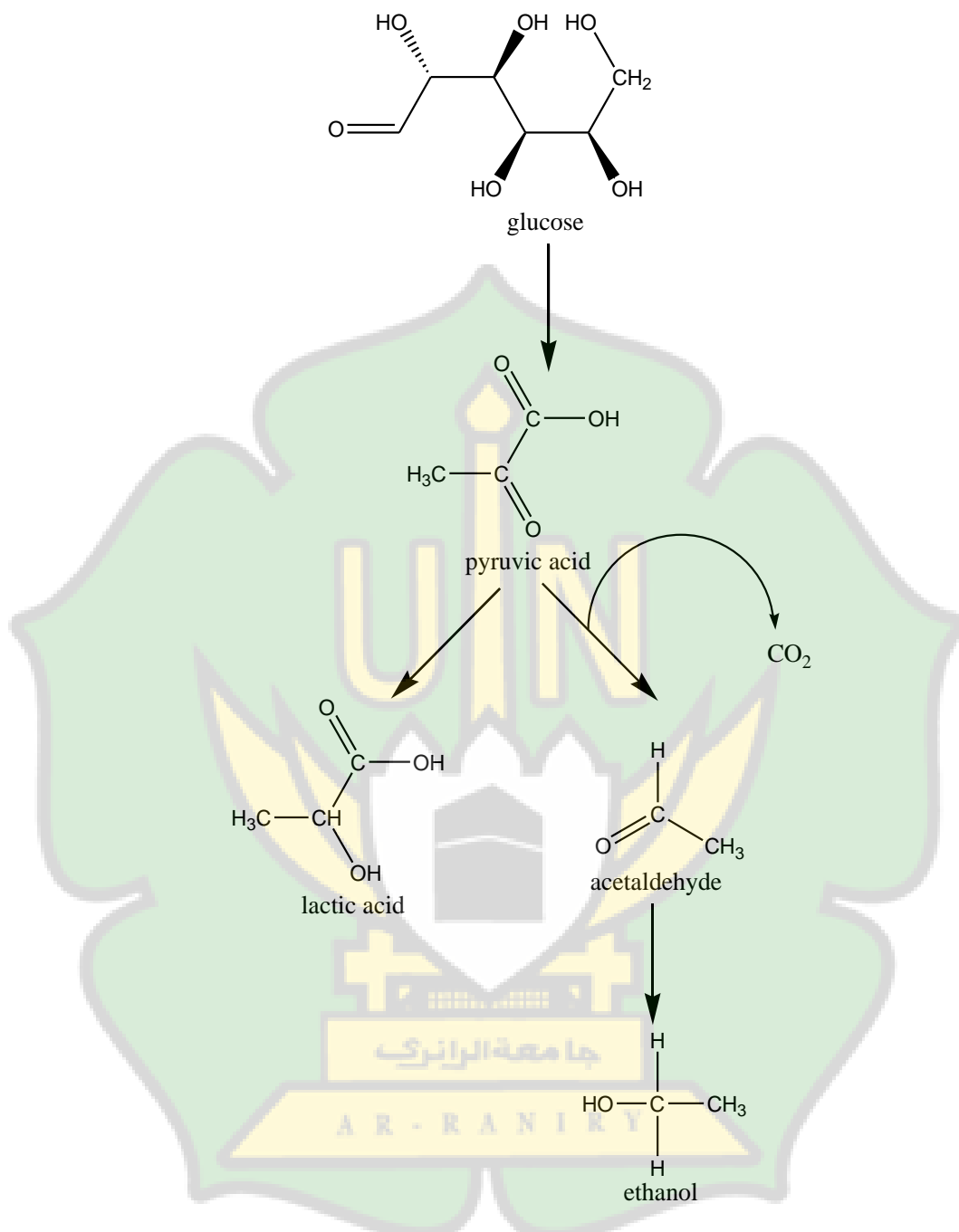
Produksi bioetanol melalui fermentasi menggunakan mikroorganisme terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu preparasi substrat, fermentasi, pemisahan, dan purifikasi bioetanol. Secara umum, reaksi konversi gula menjadi etanol pada proses produksi bioetanol melalui fermentasi oleh mikroorganisme ditunjukkan pada persamaan 2.1



Proses produksi bioetanol dapat dilakukan secara tertutup (*batch fermentation*), berkelanjutan (*continue fermentation*), dan setengah tertutup (*fed-batch fermentation*). Pada proses fermentasi tertutup, substrat ditambahkan di awal tanpa ada penambahan dan pengurangan substrat selama proses fermentasi. Fermentasi dengan menggunakan sistem tertutup merupakan sistem yang lebih sederhana dibandingkan sistem setengah tertutup dan berkelanjutan. Beberapa kelebihan dari sistem fermentasi tertutup, yaitu lebih mudah dikontrol dan fleksibel untuk beberapa produk spesifik.

²⁶ Prihandana, *Bioetanol dari Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan*, Bandung: Agromedia, 2007.

²⁷ Bambang Susilo, *Teknik Bioenergi*, (Malang: UB Press, 2017), h. 154-156



Gambar 2. 2 Proses Biosintesis Etanol

Proses biosintesis etanol menggunakan mikroorganismenya dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama yaitu mikroorganismenya akan mensekresi enzim *invertase* untuk mengkonversi gula-gula non pereduksi pada substrat menjadi gula pereduksi. Setelah gula-gula pada substrat terkonversi menjadi gula pereduksi,

tahapan biosintesis etanol akan memasuki jalur glikolisis. Pada tahap tersebut, glukosa dan fruktosa diubah menjadi asam piruvat. Asam piruvat yang telah dihasilkan selanjutnya mengalami dekarboksilasi menjadi asetaldehida dan asetaldehida didehidrogenasi menjadi etanol.

Proses fermentasi dengan sistem berkelanjutan dilakukan dengan penambahan substrat, media kultur, dan nutrisi secara berkelanjutan ke dalam bioreaktor yang mengandung inokulum mikroorganisme. Volume kultur dalam sistem fermentasi berkelanjutan harus diatur konstan dan produk fermentasi diambil secara terus menerus dari media. Berbagai jenis produk dapat diperoleh dari bagian atas bioreaktor, seperti etanol, sel, dan sisa gula. Kelebihan dari sistem fermentasi berkelanjutan adalah memiliki produktivitas yang tinggi, volume bioreaktor yang lebih kecil, dan biaya investasi dan operasional yang murah.

Fermentasi dengan sistem setengah tertutup merupakan kombinasi sistem tertutup dan kontinyu. Pada sistem setengah tertutup terdapat penambahan substrat tanpa adanya pengurangan produk pada fermentor. Beberapa kelebihan dari sistem fermentasi setengah tertutup, antara lain memiliki tingkat produktivitas tinggi, waktu fermentasi yang cepat, dan efek toksisitas yang lebih rendah pada media dibandingkan dengan sistem tertutup ataupun kontinyu²⁸

Produksi bioetanol melalui fermentasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Masing-masing faktor memberikan pengaruh yang berbeda pada produksi

²⁸ Sriyanti. *Studi Komparatif Kadar Gula dan Alkohol Pada Tape Singkong dengan Varietas Yang Berbeda*. FKIP Jurusan Biologi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2003.

bioetanol, namun pengaruh yang diberikan masih berkaitan satu sama lain. Faktor-faktor tersebut, antara lain jenis substrat dan mikroorganisme, konsentrasi inokulum, pH (keasaman), suhu, penambahan nutrisi, dan lama fermentasi. Pengaruh dari berbagai faktor tersebut terhadap proses produksi bioetanol dijelaskan di bawah ini.

1. Jenis substrat

Subtrat yang biasa digunakan dalam produksi bioetanol merupakan bahan-bahan yang murah dan mudah diperoleh. Beberapa jenis substrat yang dapat digunakan dalam produksi bioetanol, diantaranya bahan-bahan yang mengandung sukrosa, glukosa, pati, lignoselulosa, dan alga. Perbedaan substrat dapat mempengaruhi konsentrasi produk bioetanol yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang sama. Bioetanol dapat diproduksi oleh *Saccharomyces cerevisiae* dengan kadar 9,9% pada substrat singkong dan 13,6% pada substrat kulit biji kopi. Substrat yang digunakan dalam produksi bioetanol juga dapat dikombinasikan dengan substrat yang lain. Hasil penelitian Rivera, dkk. menunjukkan bioetanol dapat diproduksi dari campuran hidrolisat ampas tebu dan tetes tebu dengan hasil optimal dihasilkan 41,4 % bioetanol pada lama fermentasi 42 Jam.²⁹

2. Jenis mikroorganisme

Bioetanol dapat diproduksi melalui fermentasi menggunakan berbagai jenis mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme yang umum digunakan dalam produksi

²⁹ Marjoni, M. R, "Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Umbi Singkong (*Manihot utilissima pohl*) dari Limbah Industri Kerupuk Sanjai di Kota Bukittinggi Berdasarkan Suhu dan Waktu Destilasi". *Pharmaciana*, Vol. 4, No. 2, 2014, h. 193-200.

bioetanol, seperti khamir *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces elipsoides*, *Saccharomyces kudriavzevii* dan bakteri *Zymomonas mobilis*. Selain khamir dan bakteri, produksi bioetanol juga dapat menggunakan jamur, diantaranya *Pichia kudriavzevii*, *Candida gabrata*, *Torulaspota globosa*, dan *Kodamaea ohmeri*.

3. Konsentrasi inokulum

Konsentrasi inokulum yang tepat dapat menghasilkan produk bioetanol yang optimal. Ketepatan konsentrasi inokulum dapat dipengaruhi oleh substrat dan jenis mikroorganisme dalam produksi bioetanol. Neelakandan dan Usharani (2009), dalam hasil penelitiannya menunjukkan bahwa bioetanol 8,8% dihasilkan dari sari jambu mente diproduksi secara optimal pada perlakuan konsentrasi inokulum *Saccharomyces cerevisiae* 10%(v/v). Kadar bioetanol yang dihasilkan tersebut lebih tinggi daripada perlakuan konsentrasi inokulum 2, 4, 6, dan 8% (v/v).³⁰

4. pH

Nilai pH yang terlalu basa atau asam dapat menghambat fermentasi bioetanol dan menurunkan jumlah produk bioetanol yang dihasilkan. Pada pH yang terlalu tinggi, laju fermentasi akan menurun dikarenakan enzim-enzim yang dihasilkan oleh khamir untuk memproduksi bioetanol mengalami denaturasi. Jika pH fermentasi terlalu rendah, maka produksi bioetanol akan menurun dikarenakan nilai pH yang rendah dapat menyebabkan enzim-enzim yang dihasilkan oleh khamir untuk memproduksi bioetanol menjadi inaktif. pH optimum pada proses

³⁰ Neelakandan, T. Usharani G, *Optimization and Production of Bioethanol from Cashew Apple Juice Using Immobilized Yeast Cells by Saccharomyces cerevisiae*. *Scientific*, Vol. 4, No. 2, 2009, h. 85-88.

produksi bioetanol melalui fermentasi, yaitu 4, 5-6, 0. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Tompang dan Nurul (2015) yang menunjukkan bioetanol dengan kadar 1,48% secara optimal dapat dihasilkan melalui fermentasi air kelapa tua oleh *Saccharomyces cerevisiae* pada pH 5, 5.

5. Suhu

Salah satu faktor penting dalam produksi bioetanol yang berpengaruh pada tingkat keakuratan adalah suhu. Secara umum, suhu optimal yang dibutuhkan untuk produksi bioetanol menggunakan ragi adalah 28- 32°C, sedangkan di luar kisaran suhu tersebut maka kadar produk bioetanol yang dihasilkan akan lebih rendah. Hasil penelitian Tompang dan Nurul (2015), menyebutkan kadar bioetanol yang dihasilkan pada fermentasi air kelapa tua dengan suhu 50°C oleh *Saccharomyces cerevisiae* lebih rendah daripada perlakuan suhu 30 dan 40°C, sedangkan kadar bioetanol yang dihasilkan pada suhu 30 dan 40°C tidak berbeda nyata satu sama lain.³¹

6. Nutrisi

Produksi bioetanol dapat dioptimasi melalui penambahan nutrisi yang dapat digunakan pada proses pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme yang digunakan, antara lain unsur C, P, N, vitamin, dan mineral. Beberapa sumber nutrisi yang digunakan untuk mengoptimasi produksi bioetanol, antara lain urea, vitamin B kompleks, amonium sulfat, kalsium fosfat, *yeast extract*, dan pepton.

³¹ Tompang, M. F, Nurul A. H. A, *High Temperature Bioethanol Production from Overly Matured Coconut Water by Two Commercial, Yeast Strain. Applied Engineering Research*, Vol. 10, No. 81, 2015, h. 59-63.

Nitrogen adalah salah satu dari beberapa unsur nutrisi yang mampu dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk kebutuhannya. Nitrogen ini terdapat dalam dua bentuk senyawa kimia yaitu N-organik dan N-anorganik. Senyawa N-organik merupakan senyawa utama yang paling dibutuhkan oleh mikroorganisme.

Sumber nitrogen yang biasa digunakan adalah amonium nitrat (NH_4NO_3), urea, KNO_3 , NH_4Cl , dan NaNO_3 . Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan rasio yang terbaik antara karbon, nitrogen, fosfor dan besi yang dibutuhkan untuk mendapatkan produksi yang tinggi.³²

Penelitian yang dilakukan oleh Zubaidah, dkk (2008), menunjukkan bahwa penambahan sumber nitrogen dan fosfor berupa diamonium hidrogen fosfat ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) sebesar 0,3 % ke dalam substrat sari buah murbei menghasilkan jumlah eksopolisakarida kasar paling tinggi yaitu 1618,67 mg/L, sedangkan jumlah eksopolisakarida kasar paling rendah diperoleh pada konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 0,1 % dengan jumlah eksopolisakarida kasar sebesar 1087,89 mg/L. Unsur nitrogen dan fosfat sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan bakteri sebagai pembentukan dinding sel. Adanya penambahan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ menyebabkan peningkatan jumlah nutrisi yang diperlukan oleh *L. plantarum* untuk tumbuh dan berkembang biak. Semakin tinggi kadar $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ menyebabkan peningkatan nilai total EPS kasar karena $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.³³

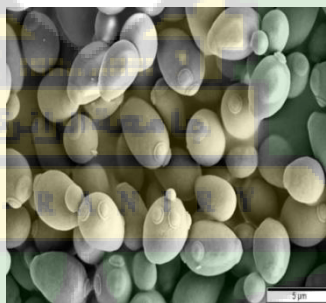
³² Hartina, F., "Fermentasi Tetes Tebu dari Pabrik Gula Pagotan Madiun Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk Menghasilkan Bioetanol dengan Variasi pH dan Lama Fermentasi". *Alchemy*, Vol. 3, No. 1, 2014, h. 93-100

³³ Zubaidah, dkk, "Produksi Eksopolisakarida oleh *Lactobacillus plantarum* B2 pada Produk Probiotik Berbasis Buah Murbei", *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 9, No.1, 2008), h. 59 – 68.

Penambahan nutrisi tersebut berfungsi membantu proses sintesis protein dalam sel sehingga menyebabkan peningkatan aktivitas sel dalam memproduksi bioetanol, penambahan *yeast extract* 2 g/L sebagai penambah nutrisi dapat mengoptimasi produksi bioetanol dari umbi kentang menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 2 hari sehingga diperoleh bioetanol dengan kadar optimal 7,11%, jika tanpa penambahan *yeast extract* hanya diperoleh 6,10% bioetanol. Hal tersebut dikarenakan *yeast extract* mengandung sekitar 10-12% nitrogen sehingga dapat memaksimalkan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*.³⁴

7. *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae merupakan khamir anaerob berukuran 5–10 m. *Saccharomyces cerevisiae* adalah mikroorganisme golongan *ascomycota* yang tidak memiliki hifa dan tubuh buah. Bentuk fisik *Saccharomyces cerevisiae* ditampilkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 *Saccharomyces cerevisiae*

³⁴ Azhar, dkk, “Yeasts in Sustainable Bioethanol Production”. *Biochemistry and Biophysic Reports*, Vol. 10, 2017, h. 52-61.

Klasifikasi *Saccharomyces cerevisiae* adalah sebagai berikut:

Kingdom: *Fungi*

Divisi : *Ascomycota*

Kelas : *Saccharomycetes*

Ordo : *Saccharomycetales*

Famili : *Saccharomycetaceae*

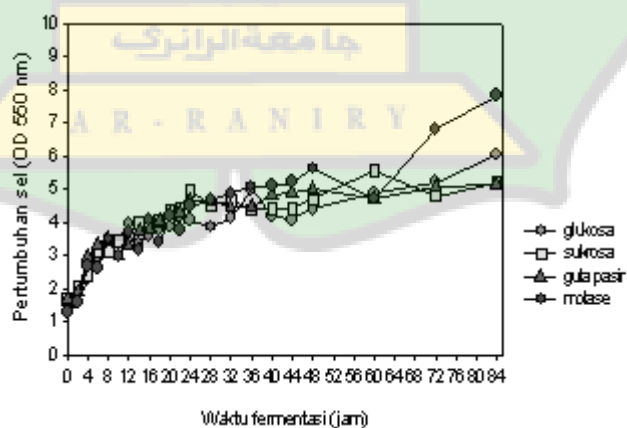
Genus : *Saccharomyces*

Spesies: *Saccharomyces cerevisiae*

Cara reproduksi *Saccharomyces cerevisiae* adalah dengan membelah diri. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan dan ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan dalam pertumbuhan sel. *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan enzim *invertase* dan *zimase* sehingga dapat memproduksi bioetanol melalui fermentasi beberapa jenis gula, seperti glukosa, sukrosa, maltosa, galaktosa, dekstrosa, raffinosa, dan trehalosa. Jika substrat yang digunakan mengandung gula golongan disakarida, maka gula tersebut akan dihidrolisis oleh enzim *invertase* membentuk monosakarida. Monosakarida yang diperoleh selanjutnya dikonversi oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi bioetanol oleh enzim *zimase* yang dihasilkan.

Saccharomyces cerevisiae adalah khamir yang biasa digunakan dalam produksi bioetanol. Hal tersebut dikarenakan *Saccharomyces cerevisiae* memiliki laju pertumbuhan dan fermentasi yang cepat, resisten terhadap konsentrasi gula yang tinggi (13-20%), pH optimum fermentasi rendah, dan suhu optimum

fermentasi merupakan suhu ruang (28-32°C). Selain itu, menambahkan *Saccharomyces cerevisiae* dapat ditumbuhkan secara sederhana pada media yang murah dan resisten terhadap konsentrasi etanol yang tinggi (> 40 g/L). *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan bioetanol pada fase logaritmik. Secara umum, *Saccharomyces cerevisiae* memiliki fase pertumbuhan yang sama dengan mikroorganisme lainnya yang terdiri dari empat fase, yaitu fase adaptasi, logaritmik, stasioner, dan kematian. Mula-mula, *Saccharomyces cerevisiae* beradaptasi di lingkungan yang baru pada masa awal inokulasi dengan mensintesis enzim yang diperlukan untuk memecah sumber makanan yang dibutuhkan. Pada tahapan ini tidak terdapat peningkatan jumlah populasi. Fase ini disebut dengan fase adaptasi. *Saccharomyces cerevisiae* kemudian memasuki fase logaritmik. Dalam fase tersebut, *Saccharomyces cerevisiae* mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang cepat sehingga terdapat kenaikan garis pada kurva yang signifikan. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 4 Kurva perkembangan *Saccharomyces cerevisiae*

Fase selanjutnya adalah fase stasioner. Pada fase tersebut, pertumbuhan sel melambat dikarenakan adanya kuantitas yang sama antara jumlah sel yang hidup dan mati. *Saccharomyces cerevisiae* selanjutnya memasuki fase kematian. Fase tersebut ditandai dengan adanya penurunan garis pada kurva yang disebabkan oleh menurunnya jumlah sel hidup.³⁵

G. Evaporasi

Evaporasi adalah suatu proses yang bertujuan memekatkan larutan yang terdiri atas pelarut (*solvent*) yang *volatile* dan zat terlarut (*solute*) yang *nonvolatile*. Evaporasi adalah proses pengentalan larutan dengan cara mendidihkan atau menguapkan pelarut. Di dalam pengolahan hasil pertanian proses evaporasi bertujuan untuk, meningkatkan larutan sebelum proses lebih lanjut, memperkecil volume larutan, menurunkan aktivitas air.

Dalam kebanyakan proses evaporasi, pelarutnya adalah air. Evaporasi dilakukan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Evaporasi tidak sama dengan pengeringan. Dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair yang sangat kental, bukan zat padat. Evaporasi berbeda pula dengan destilasi, karena uapnya adalah komponen tunggal. Evaporasi berbeda dengan kristalisasi, karena evaporasi digunakan untuk memekatkan larutan bukan untuk membuat zat padat atau kristal.

Adapun faktor-faktor yang menyebabkan dan mempengaruhi kecepatan pada proses evaporasi adalah:

³⁵ Elevri, P. A, Surya R. P, "Produksi Etanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang Dimobilisasi Agar Batang. *Akta Kimia Indonesia*", Vol. 1 No. 2, 2006, h.105-114.

- a. Kecepatan hantaran panas yang diupkan ke bahan
- b. Jumlah panas yang tersedia dalam penguapan
- c. Suhu maksimum yang dapat dicapai
- d. Tekanan yang terdapat dalam alat yang digunakan
- e. Perubahan-perubahan yang mungkin terjadi selama proses penguapan.

Evaporator adalah alat yang digunakan untuk proses pengentalan larutan dengan cara mendidihkan atau menguapkan pelarut. Mekanisme kerja evaporator adalah steam yang dihasilkan oleh alat pemindah panas, kemudian panas yang ada (*steam*) berpindah pada bahan atau larutan sehingga suhu larutan akan naik sampai mencapai titik didih. Uap yang dihasilkan masih digunakan atau disuplai sehingga terjadi peningkatan tekanan uap.

Di dalam evaporator terdapat 3 bagian, yaitu:

- a. Alat pemindah panas

Berfungsi untuk mensuplai panas, baik panas sensibel (untuk menurunkan suhu) maupun panas laten pada proses evaporasi. Sebagai medium pemanas umumnya digunakan uap jenuh.

- b. Alat pemisah

Berfungsi untuk memisahkan uap dari cairan yang dikentalkan.

- c. Alat pendingin

Berfungsi untuk mengkondensasikan uap dan memisahkannya. Alat pendingin ini bisa ditiadakan bila sistem bekerja pada tekanan atmosfer.

Selama proses evaporasi dapat terjadi perubahan-perubahan pada bahan, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Perubahan-perubahan yang terjadi antara lain perubahan viskositas, kehilangan aroma, kerusakan komponen gizi, terjadinya pencokelatan dan lain-lain. Pemekatan dapat dilakukan melalui penguapan, proses melalui membran, dan pemekatan beku. Peralatan yang digunakan untuk memindahkan panas ke bahan bermacam-macam bentuk dan jenisnya. Penggunaan bermacam-macam peralatan ini akan berpengaruh pada kemudahan penguapan dan retensi zat gizi.

Besarnya suhu dan tekanan evaporator sangat berpengaruh terhadap proses penguapan cairan. Semakin tinggi maka semakin cepat proses evaporasi, tetapi dapat menyebabkan kerusakan-kerusakan yang dapat menurunkan kualitas bahan.³⁶

Salah satu jenis evaporator adalah evaporator vakum (*vacuum evaporator*). Evaporator vakum (*vacuum evaporator*) adalah mesin yang digunakan untuk menguapkan air pada suhu dan tekanan rendah sehingga dapat mengurangi kadar air suatu bahan. Evaporator vakum biasa digunakan untuk produk yang bersifat cair seperti madu, sari buah, minyak nilam, minyak VCO atau gula cair. Biasanya produk akhir bahan akan lebih kental karena kadar airnya telah berkurang. Mesin evaporator vakum (*vacuum evaporator*) digunakan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kadar air pada suatu bahan seperti pada alkohol yang masih tercampur dengan substrat.

Bahan yang akan dipekatkan dimasukkan kedalam tangki umpan dengan kapasitas 10 liter. Bahan dialirkan masuk kedalam evaporator bagian tabung dalam

³⁶ Haryadi, *Ilmu Kimia Analitik Dasar*, (Jakarta: PT. Gramedia Jakarta, 1994).

menggunakan pompa. Bahan masuk dari atas dan keluar dari bawah, yang menjadikan aliran pemanas dan aliran bahan menjadi searah atau *co-current*. Pada sumbu tabung terdapat batang yang dapat diputar, yang dilengkapi dengan sirip-sirip. Pada *Agitated Thin-Film Evaporator*, saat batang berputar, cairan bergerak kebawah dan akan terlempar ketepi tabung (bagian panas) karena putaran sirip. Cairan ditepi tabung akan terpentil kembali ketengah tabung. Ketika bahan sudah sampai di ujung bawah evaporator, bahan hasil pemekatan tersebut akan diserap dengan pompa untuk dialirkan menuju tangki umpan kembali.

Prinsip kerjanya dengan penambahan kalor atau panas untuk memekatkan suatu larutan yang terdiri dari zat terlarut yang memiliki titik didih tinggi dan zat pelarut yang memiliki titik didih lebih rendah sehingga dihasilkan larutan yang lebih pekat serta memiliki konsentrasi yang tinggi.

- a. Pemekatan larutan didasarkan pada perbedaan titik didih yang sangat besar antara zat-zatnya. Titik didih cairan murni dipengaruhi oleh tekanan.
- b. Dijalankan pada suhu yang lebih rendah dari titik didih normal.
- c. Titik didih cairan yang mengandung zat tidak mudah menguap (misalnya: gula) akan tergantung tekanan dan kadar zat tersebut.
- d. Beda titik didih larutan dan titik didih cairan murni disebut Kenaikan titik didih (*boiling*).

Metode Evaporator

a. *Single effect evaporation*

Menggunakan satu evaporator saja, uap dari zat cair yang mendidih dikondensasikan dan dibuang. Walaupun metode ini sederhana, namun proses ini tidak efektif dalam penggunaan uap. Untuk menguapkan 1 lb air dari larutan, diperlukan 1 – 1.3 lb uap.

b. *Double effect evaporation*

Uap dari satu evaporator dimasukkan ke dalam rongga uap (*steam chest*) evaporator kedua dan uap dari evaporator kedua dimasukkan ke dalam kondenser.

c. *Multiple Effect Evaporation*

Evaporator yang digunakan dalam suatu metode lebih dari satu, seperti misalnya uap dari evaporator kedua dimasukkan ke dalam rongga uap evaporator ketiga, dan berlanjut sampai beberapa evaporasi.

H. **Piknometer**

Piknometer adalah alat laboratorium yang digunakan untuk menentukan massa jenis suatu zat padat atau cairan. Piknometer biasanya terbuat dari kaca dan pada bagian tengah tutupnya terdapat pipa kapiler sehingga gelembung udara dapat lolos dari alat tersebut. Piknometer memiliki berbagai macam ukuran yaitu 100 mL, 50 mL, 25 mL, dan 10 mL. Ukuran yang sering digunakan adalah 10 mL dan 25 mL.



Gambar 2. 5 Gambar Piknometer

Di laboratorium biasanya piknometer digunakan untuk menentukan massa jenis atau berat jenis alkohol, minyak sawit, minyak atsiri. Piknometer juga dipakai untuk pengukuran material berpori seperti batuan, Sampel yang akan diukur massa jenisnya harus dihaluskan terlebih dahulu sampai berbentuk serbuk/serpihan. Dengan demikian pori-pori benar-benar hilang dalam sampel yang berbentuk serbuk.³⁷

Bagian-Bagian Piknometer

1. Tutup piknometer, berfungsi untuk mempertahankan suhu di dalam piknometer.
2. Lubang untuk tempat keluar masuknya sample/objek
3. Gelas atau tabung ukur, untuk mengukur volume cairan yang didalam piknometer

³⁷ Anthony, *Cara Menggunakan Piknometer*, <https://www.jagadkimia.com>, 2017, diakses pada tanggal 29 Desember 2020.

Cara Menggunakan Piknometer

1. Bersihkan piknometer dan keringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 15 - 30 menit.
2. Keluarkan piknometer dan masukkan dalam desikator selama 10- 15 menit.
3. Catat volume piknometer yang digunakan (50 ml, 25 ml, atau 10 ml).
4. Timbang piknometer kosong dan catat sebagai A gram.
5. Masukkan sampel ke dalam piknometer sampai di atas leher, pasang tutupnya hingga sampel dapat mengisi pipa kapiler sampai penuh dan pastikan tidak ada gelembung udara di dalam piknometer.
6. Keringkan bagian luar piknometer dengan tisu.
7. Timbang piknometer berisi sampel dan catat sebagai B gram.
8. Setelah selesai piknometer dibersihkan dan dikeringkan.
9. Massa jenis suatu zat dapat ditentukan.³⁸

I. *Fourier transform infrared (FT-IR)*

FT-IR merupakan salah satu instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak. Selain

³⁸ Toko Instrumentasi, *Fungsi Piknometer*, <https://tokoinstrumentasi.wordpress.com> 2017, diakses pada tanggal 29 Desember 2020

itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik.³⁹

FT-IR didasarkan pada intraksi antara vibrasi atom-atom yang berikatan atau gugus fungsi dalam molekul dengan mengabsorpsi radiasi gelombang elektromagnetik IR. Absorpsi terhadap radiasi inframerah dapat menyebabkan eksitasi energi vibrasi yang lebih tinggi dan besarnya absorpsi adalah terkuantitasi dan spesifik. Vibrasi yang normal mempunyai frekuensi radiasi elektromagnetik yang diserap sehingga bersifat spesifik terhadap atom-atom yang berikatan atau gugus fungsi tertentu. Proses absorpsi hanya dapat terjadi apabila terdapat perubahan baik nilai maupun arah dari momen dwikutub ikatan.

Metode spektroskopi FT-IR, yaitu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *Fourier* untuk analisis spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode absorpsi. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama vibrasi.

FT-IR memiliki bagian-bagian penting sehingga mengidentifikasi suatu senyawa. Bagian pokok dari spektrofotometer inframerah ini yaitu sumber cahaya inframerah, monokromator, dan detektor. Cahaya dari sumber dilewatkan melalui cuplikan, dipecah menjadi frekuensi-frekuensi individunya dalam monokromator dan intensitas relatif dari frekuensi individu diukur oleh detektor.

³⁹ Chusnul, *Spektroskopi IR*. www. Scribd.com diakses tanggal 18 Desember 2020

Frekuensi inframerah biasanya dinyatakan dalam satuan bilangan gelombang (*wavenumber*), yang didefinisikan sebagai banyaknya gelombang per sentimeter dapat diamati pada.⁴⁰

Tabel 2. 3 Daerah spektrum inframerah

Jenis	Panjang Gelombang	Interaksi	Bilangan Gelombang	Frekuensi (Hz)
Inframerah dekat	0, 75 – 2, 5 μm	Interaksi Ikatan	13.000 – 4.000 cm^{-1}	$3, 8 \times 10^{14}$ - $1, 2 \times 10^{14}$
Inframerah pertengahan	2, 5 – 50 μm	Interaksi Ikatan	4.000 – 200 cm^{-1}	$1, 2 \times 10^{14}$ - $1, 6, 0 \times 10^{12}$
Inframerah jauh	50 – 1000 μm	Interaksi Ikatan	200 – 10 cm^{-1}	$3, 8 \times 10^{14}$ - $1, 2 \times 10^{11}$

Dari pembagian daerah spektrum elektromagnetik tersebut di atas, daerah panjang gelombang yang sering digunakan pada alat spektroskopi inframerah adalah pada daerah inframerah pertengahan, yaitu pada panjang gelombang 2,5 – 50 μm atau pada bilangan gelombang 4.000 – 200 cm^{-1} . Daerah tersebut adalah cocok untuk perubahan energi vibrasi dalam molekul. Daerah inframerah yang jauh (400 - 10 cm^{-1}), berguna untuk molekul yang mengandung atom berat, seperti senyawa anorganik tetapi lebih memerlukan teknik khusus percobaan. Senyawa kimia tertentu (hasil sintesa atau alami) mempunyai kemampuan menyerap radiasi elektromagnetik dalam daerah spectrum inframerah.

⁴⁰ Dachriyanus, *Analisis struktur senyawa organik secara spektrofotometri*, CV. Trianda Anugrah Pratama: Padang, 2004.

Absorpsi radiasi IR pada material tertentu berkaitan dengan fenomena bergetarnya molekul atau atom. Metode Spektroskopi inframerah ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang belum diketahui, karena spektrum yang dihasilkan spesifik untuk senyawa tersebut. Metode ini banyak digunakan karena:

- a. Cepat dan relatif murah
- b. Dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dalam molekul

Spektrum inframerah yang dihasilkan oleh suatu senyawa adalah khas dan oleh karena itu dapat menyajikan sebuah *fingerprint* (sidik jari) untuk senyawa tersebut.

Prinsip kerja dari spektrofotometer inframerah adalah sama dengan spektrofotometer yang lainnya yakni interaksi energi dengan suatu materi. Spektroskopi inframerah berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang frekuensi $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ (*wavelength*), yang merupakan ukuran unit untuk frekuensi. Untuk menghasilkan spektrum inframerah, radiasi yang mengandung semua frekuensi di wilayah IR dilewatkan melalui sampel. Mereka frekuensi yang diserap muncul sebagai penurunan sinyal yang terdeteksi. Informasi ini ditampilkan sebagai spektrum radiasi dari % ditransmisikan melawan *wavenumber*.

Tabel 2. 4 Serapan khas beberapa gugus fungsi

Daerah serapan (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Nama Gugus Fungsi
2850-2960 1350-1470	C – H	alkana
3020-3080 675-870	C – H	alkena
3000-3100 675-870	C – H	aromatik
3300	C – H	alkuna
1640-1680	C = C	Alkena
1500-1600	C = C	aromatik (cincin)
1080-1300	C – O	Alkohol Eter asam karboksilat ester
1690-1760	C = O	Aldehida Keton asam karboksilat ester
3610-3640	O – H	alkohol fenol (monomer)
2000-3600	O – H	Alkohol fenol (ikatan Hidrogen)
3000-3600	O – H	asam karboksilat
3310-3500	N – H	amina
1180-1360	C – N	Amina
1515-1560 1345-1385	–NO ₂	Nitro

Spektroskopi inframerah sangat berguna untuk analisis kualitatif dari senyawa organik karena spektrum yang unik yang dihasilkan oleh setiap organik zat dengan puncak struktural yang sesuai dengan fitur yang berbeda. Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik. Sebagai contoh, gugus alkohol, C – O, selalu menyerap sinar inframerah pada 1080-1300 cm^{-1} , gugus alkohol (monomer), O – H, menyerap sinar inframerah

pada $3610\text{-}3640\text{ cm}^{-1}$, dan alkohol (ikatan hidrogen), O – H, menyerap sinar inframerah pada $2000\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$.

Teknik spektroskopi IR digunakan untuk mengetahui gugus fungsional mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan. Senyawa yang dianalisa berupa senyawa organik maupun anorganik. Hampir semua senyawa dapat menyerap radiasi inframerah.⁴¹



⁴¹ Dachriyanus, *Analisis struktur senyawa organik secara spektrofotometri,...*

BAB III METODELOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Experimental Laboratories* yaitu dengan memberikan perlakuan yang berbeda-beda pada proses fermentasi tetes tebu untuk mendapatkan kadar etanol yang optimal pada skala laboratorium.

B. Waktu dan Tempat Pengujian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November-Desember 2020, di Laboratorium Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, Darussalam Banda Aceh dan Laboratorium FKIP Kimia Universitas Syiahkuala, Darussalam Banda Aceh. Dan Laboratorium Teknik Penguji Kualitas Lingkungan Universitas Syiahkuala, Darussalam Banda Aceh.

C. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan adalah gelas Beaker, pipet tetes, pipet ukur, spatula, kaca arlogi, batang pengaduk, Fermentor, timbangan analitik, piknometer, *Rotary Evaporator*, dan *Fourier Transform Infrared (FT-IR)*.

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah tetes tebu, akuades (H_2O), Urea ($(NH_2)_2CO$), NPK (Nitrogen Phospor dan Kalium), ragi roti (*Saccharomyces cereiseae*).

D. Prosedur Kerja

1. Proses fermentasi tetes tebu perlakuan pertama

Fermentasi dilakukan dengan cara diencerkan tetes tebu 1.700 mL dengan air sebanyak 3.300 mL sehingga konsentrasi gula menurun menjadi 17 %. Kemudian tetes tebu yang sudah encer dimasukkan kedalam fermentor yang berukuran 5 liter. Setelah itu ditambah Urea ((NH₂)₂CO) sebanyak 30 gram. Selanjutnya penambahan ragi. Ragi yang dipakai dalam pembuatan bioetanol yaitu ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 30 gram. Kemudian diaduk secara merata sampai tercampur. Kemudian dilakukan fermentasi selama 30 hari.⁴² Proses fermentasi dilakukan dalam wadah tertutup rapat pada suhu ruang dan terhindar dari sinar matahari langsung. Bioetanol yang masih tercampur dalam fermentor kemudian dikumpulkan dan diuapkan dengan *rotary vacuum evaporator*. Setelah itu, alkohol yang diperoleh dari hasil evaporasi ditimbang dengan piknometer 25 mL. Kemudian diuji alkohol dengan *Fourier transform infrared* (FT-IR).

2. Proses fermentasi tetes tebu perlakuan kedua

Fermentasi dilakukan dengan cara diencerkan tetes tebu 1.800 mL dengan air sebanyak 3.200 mL sehingga konsentrasi gula menurun menjadi 18 %. Kemudian tetes tebu yang sudah encer dimasukkan ke dalam fermentor yang berukuran 5 liter. Setelah itu ditambah Urea ((NH₂)₂CO) sebanyak 70 gram serta ditambah NPK sebanyak 14 gram. Selanjutnya penambahan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 28 gram. Kemudian diaduk secara sampai

⁴² Ratna Juwita, "Studi Produksi Alkohol dari Tetes Tebu (*Saccharum officinarum* L) Selama Proses Fermentasi...

tercampur. Kemudian dilakukan fermentasi selama 10 hari. Proses fermentasi dilakukan dalam kondisi wadah tertutup rapat pada suhu ruang dan terhindar dari sinar matahari langsung. Bioetanol yang masih tercampur dalam fermentor kemudian dikumpulkan dan diuapkan dengan *rotary vacuum evaporator*. Setelah itu, alkohol yang diperoleh dari hasil evaporasi ditimbang dengan piknometer 25 ml. Kemudian diuji alkohol dengan *Fourier transform infrared* (FT-IR).⁴³

3. Perhitungan Kadar Alkohol Larutan

Perhitungan kadar alkohol diperlakukan pertama dengan cara piknometer dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan aseton dan dikeringkan barulah ditimbang. Akuades didinginkan sampai dibawah suhu percobaan. Piknometer diisi dengan akuades secara hati-hati hingga penuh dan termometer dimasukkan. Suhu dalam piknometer ditunggu mencapai suhu percobaan, adanya kelebihan akuades pada puncak kapiler dibersihkan. Piknometer yang berisi akuades segera ditimbang dan dicatat beratnya. Selanjutnya diperlakukan kedua dengan cara piknometer dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan aseton dan dikeringkan barulah ditimbang. Akuades didinginkan sampai dibawah suhu percobaan. Piknometer diisi dengan akuades secara hati-hati hingga penuh dan termometer dimasukkan. Suhu dalam piknometer ditunggu mencapai suhu percobaan, adanya kelebihan akuades pada puncak kapiler dibersihkan. Piknometer yang berisi akuades segera ditimbang dan dicatat beratnya.

Berat jenis dihitung dengan rumus sebagai berikut :

⁴³ Agus Rochani, "Pengaruh Konsentrasi Gula Larutan Molases Terhadap Kadar Etanol Pada Proses Fermentasi" ...

$$\rho = \frac{(\text{Berat sampel} + \text{Berat piknometer kosong}) - (\text{Berat piknomter kosong})}{\text{Volume piknometer}}$$

Kemudian setelah diketahui bobot jenis cairan kadar alkohol dihitung dengan tabel

Perry.⁴⁴

Tabel 3. 1 Tabel Perry

wt % Ethanol	Temperature (degC)				wt % Ethanol	Temperature (degC)			
	20	25	30	35		20	25	30	35
0	0.99823	0.99708	0.99568	0.99406	50	0.91384	0.90985	0.90580	0.90168
1	0.99636	0.9952	0.99379	0.99217	51	0.91160	0.90760	0.90353	0.89940
2	0.99453	0.99336	0.99194	0.99031	52	0.90936	0.90534	0.90125	0.89710
3	0.99275	0.99157	0.99014	0.98849	53	0.90711	0.90307	0.89896	0.89479
4	0.99103	0.98984	0.98839	0.98672	54	0.90485	0.90079	0.89667	0.89248
5	0.98938	0.98817	0.98679	0.98510	55	0.90258	0.89850	0.89437	0.89016
6	0.9878	0.98656	0.98507	0.98335	56	0.90031	0.89621	0.89206	0.88784
7	0.98627	0.98500	0.98347	0.98172	57	0.89803	0.89392	0.88975	0.88552
8	0.98478	0.98346	0.98189	0.98009	58	0.89574	0.89162	0.88744	0.88319
9	0.98331	0.98193	0.98031	0.97846	59	0.89344	0.88931	0.88512	0.88085
10	0.98187	0.98043	0.97875	0.97685	60	0.89113	0.88699	0.88278	0.87851
11	0.98047	0.97897	0.97723	0.97527	61	0.88882	0.88446	0.88044	0.87615
12	0.97910	0.97753	0.97573	0.97371	62	0.88650	0.88233	0.87809	0.87379
13	0.97775	0.97611	0.97424	0.97216	63	0.88417	0.87998	0.87574	0.87142
14	0.97643	0.97472	0.97278	0.97063	64	0.88183	0.87763	0.87337	0.86905
15	0.97514	0.97334	0.97133	0.96911	65	0.87948	0.87527	0.87100	0.86667
16	0.97387	0.97199	0.96990	0.9676	66	0.87713	0.87291	0.86863	0.86429
17	0.97259	0.97062	0.96844	0.96607	67	0.87477	0.87054	0.86625	0.86190
18	0.97129	0.96923	0.96697	0.96452	68	0.87241	0.86817	0.86387	0.85950
19	0.96997	0.96782	0.96547	0.96294	69	0.87004	0.86579	0.86148	0.85710
20	0.96864	0.96639	0.96395	0.96134	70	0.86766	0.86340	0.85909	0.85474
21	0.96729	0.96495	0.96242	0.95973	71	0.86527	0.86100	0.85667	0.85228
22	0.96592	0.96348	0.96087	0.95809	72	0.86287	0.85859	0.85426	0.84986
23	0.96453	0.96199	0.95929	0.95643	73	0.86047	0.85618	0.85184	0.84743
24	0.96312	0.96048	0.95769	0.95476	74	0.85806	0.85376	0.84941	0.84500
25	0.96168	0.95895	0.95607	0.95306	75	0.85564	0.85134	0.84698	0.84257
26	0.96020	0.95738	0.95442	0.95133	76	0.85322	0.84891	0.84455	0.84013
27	0.95867	0.95576	0.95272	0.94955	77	0.85079	0.84647	0.84211	0.83768
28	0.95710	0.95410	0.95098	0.94774	78	0.84835	0.84403	0.83966	0.83523
29	0.95548	0.95241	0.94922	0.94590	79	0.84590	0.84158	0.83720	0.83277
30	0.95382	0.95067	0.94741	0.94403	80	0.84344	0.83911	0.83473	0.83029
31	0.95212	0.94890	0.94557	0.94214	81	0.84096	0.83664	0.83224	0.82780
32	0.95038	0.94709	0.94370	0.94021	82	0.83848	0.83415	0.82974	0.82530
33	0.94860	0.94525	0.94180	0.93825	83	0.83599	0.83164	0.82724	0.82279
34	0.94679	0.94337	0.93986	0.93626	84	0.83348	0.82913	0.82473	0.82027
35	0.94494	0.94146	0.93790	0.93425	85	0.83095	0.82660	0.82220	0.81774
36	0.94306	0.93952	0.93591	0.93221	86	0.82840	0.82405	0.81965	0.81519
37	0.94114	0.93756	0.93390	0.93016	87	0.82583	0.82148	0.81708	0.81262
38	0.93919	0.93556	0.93186	0.92808	88	0.82323	0.81888	0.81448	0.81003
39	0.93720	0.93353	0.92979	0.92597	89	0.82062	0.81626	0.81186	0.80742
40	0.93518	0.93148	0.92770	0.92385	90	0.81797	0.81362	0.80922	0.80478
41	0.93314	0.92940	0.92558	0.92170	91	0.81529	0.81094	0.80655	0.80211
42	0.93107	0.92729	0.92344	0.91952	92	0.81257	0.80823	0.80384	0.79941
43	0.92897	0.92516	0.92128	0.91733	93	0.80983	0.80549	0.80111	0.79669
44	0.92685	0.92301	0.91910	0.91513	94	0.80705	0.80272	0.79835	0.79393
45	0.92472	0.92085	0.91692	0.91291	95	0.80424	0.79991	0.79555	0.79114
46	0.92257	0.91868	0.91472	0.91069	96	0.80138	0.79706	0.79271	0.78831
47	0.92041	0.91649	0.91250	0.90845	97	0.79846	0.79415	0.78981	0.78542
48	0.91823	0.91426	0.91028	0.90621	98	0.79547	0.79117	0.78684	0.78247
49	0.91604	0.91208	0.90805	0.90396	99	0.79243	0.78814	0.78382	0.77946
					100	0.78934	0.78506	0.78075	0.77641

⁴⁴ Tri Ambar Nur Hidayat, "Pembuatan Etanol dari Nira Nipah (*Nypa fruticans Wurm*) dengan Proses Fermentasi". *PHARMACY*, Vol.07. No. 03. 2010. Diakses pada tanggal 20 April 2020 dari situs books.google.co.id

BAB IV
HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian, data hasil fermentasi tetes tebu dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 1 Hasil kadar alkohol dari tetes tebu

Perlakuan	Kadar alkohol yang dihasilkan (%)	Massa jenis sampel (g/cm ³)	Hasil pengamatan
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 30 gram, urea 30 gram, konsentrasi gula total substrat 17 %, dan waktu fermentasi 30 hari.	80, 5 %	0, 833	Larutan tidak berwarna
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 28 gram, urea 70 gram, NPK 14 gram, konsentrasi gula total substrat 18 %, dan waktu fermentasi 10 hari.	81, 5 %	0, 835	Larutan tidak berwarna

Tabel 4. 2 Hasil uji FT-IR dari tetes tebu

Uji FT- IR	Hasil uji	
	Positif	Negatif
Alkohol dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 30 gram, urea 30 gram, konsentrasi gula total substrat 17 %, dan waktu fermentasi 30 hari.	√	
Alkohol dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 28 gram, urea 70 gram, NPK 14 gram, konsentrasi gula total substrat 18 %, dan waktu fermentasi 10 hari.	√	

B. Pembahasan

1. Hasil Preparasi dan Fermentasi dari Tetes Tebu

Tetes tebu memiliki berbagai kandungan yang dibutuhkan untuk perkembangan dan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dalam memproduksi bioetanol, salah satunya yaitu gula sebagai sumber karbon. Selain gula, tetes tebu memiliki kandungan senyawa anorganik dan vitamin yang dapat berperan sebagai nutrisi untuk mendukung kinerja *Saccharomyces cerevisiae* dalam memproduksi bioetanol, contohnya K_2O , CuO , MgO , dan Na_2O . Dalam penelitian ini, tetes tebu yang digunakan memiliki kadar gula 50 %.

Proses fermentasi diawali dengan pengenceran tetes tebu yang memiliki konsentrasi 50 % dengan air, dengan perbandingan 1, 7 : 3, 3 untuk sampel pertama dan 1, 8 : 3, 3 untuk sampel yang kedua, sehingga konsentrasi gula masing-masing sampel menurun menjadi 17 % dan 18 %. Pengenceran tetes tebu dilakukan agar konsentasi tetes tebu tidak terlalu terlalu tinggi untuk proses fermentasi. Tetes tebu mengandung 50% gula, yang terdiri dari sukrosa, fruktosa, glukosa, maltosa, dan

xilosa. Hasil penelitian Hartina (2014), menyebutkan bahwa dalam produksi bioetanol, konsentrasi tetes tebu yang optimal digunakan adalah 17-20% brix. Hal tersebut dikarenakan terlalu tingginya kadar gula pada tetes tebu yang digunakan pada fermentasi bioetanol menggunakan mikroorganisme dapat menyebabkan mikroorganisme mengalami tekanan osmotik yang tinggi sehingga mempengaruhi kinerja mikroorganisme dalam fermentasi.⁴⁵

Apabila tetes tebu telah diencerkan masing-masing sampel kemudian dimasukkan kedalam fermentor yang berukuran 5 Liter yang telah disiapkan. Selanjutnya *Saccharomyces cerevisiae* dimasukkan ke dalam fermentor, *Saccharomyces cerevisiae* salah satu spesies ragi yang terkenal mempunyai daya konversi gula menjadi etanol yang sangat tinggi. *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan enzim *zimase* dan *invertase*. Enzim *zimase* berfungsi sebagai pemecah sukrosa menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa), *invertase* selanjutnya mengubah glukosa menjadi alkohol. Jika substrat yang digunakan mengandung gula golongan disakarida, maka gula tersebut akan dihidrolisis oleh enzim *invertase* membentuk monosakarida. Monosakarida yang diperoleh selanjutnya dikonversi oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi bioetanol oleh enzim *zimase* yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan *Saccharomyces cerevisiae* memiliki laju pertumbuhan dan fermentasi yang cepat, resisten terhadap konsentrasi gula yang tinggi (13-20%), pH optimum fermentasi rendah, dan suhu

⁴⁵ Hartina, "Fermentasi Tetes Tebu dari Pabrik Gula Pagotan Madiun Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk Menghasilkan Bioetanol dengan Variasi pH dan Lama Fermentasi", ...

optimum fermentasi merupakan suhu ruang (28-32°C). Selain itu dalam penelitian Azhar, dkk (2017), menambahkan *Saccharomyces cerevisiae* dapat ditumbuhkan secara sederhana pada media yang murah dan resisten terhadap konsentrasi etanol yang tinggi (> 40 g/L).⁴⁶

Secara umum, *Saccharomyces cerevisiae* memiliki fase pertumbuhan yang sama dengan mikroorganisme lainnya yang terdiri dari empat fase, yaitu fase adaptasi, logaritmik, stasioner, dan kematian. pertama, *Saccharomyces cerevisiae* beradaptasi di lingkungan yang baru pada masa awal inokulasi dengan mensintesis enzim yang diperlukan untuk memecah sumber makanan yang dibutuhkan. Pada tahapan ini tidak terdapat peningkatan jumlah populasi. Fase ini disebut dengan fase adaptasi. *Saccharomyces cerevisiae* kemudian memasuki fase logaritmik. Dalam fase ini, *Saccharomyces cerevisiae* mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang cepat. Fase selanjutnya adalah fase stasioner. Pada fase tersebut, pertumbuhan sel melambat dikarenakan adanya kuantitas yang sama antara jumlah sel yang hidup dan mati. *Saccharomyces cerevisiae* selanjutnya memasuki fase kematian.

Produksi bioetanol dapat dioptimasi melalui penambahan nutrisi yang dapat digunakan pada proses pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme yang digunakan, antara lain unsur C, P, N, vitamin, dan mineral. Beberapa sumber nutrisi yang digunakan untuk mengoptimasi produksi bioetanol, antara lain urea, vitamin B kompleks, amonium sulfat, kalsium fosfat, *yeast extract*, dan pepton.

⁴⁶ Azhar, dkk, "Yeasts in Sustainable Bioethanol Production". *Biochemistry and Biophysic Reports*, ...

Penambahan nutrisi tersebut berfungsi membantu proses sintesis protein dalam sel sehingga menyebabkan peningkatan aktivitas sel dalam memproduksi bioetanol.

Setelah itu dimasukkan urea pada masing-masing sampel serta dimasukkan NPK kedalam sampel kedua, NPK dimasukkan kedalam sampel kedua sebagai perbandingan sumber nutrisi yang mana yang lebih baik untuk *Saccharomyces cerevisiae*. Urea dan NPK berfungsi sebagai nutrisi *Saccharomyces cerevisiae*, Penambahan nutrisi tersebut berfungsi membantu proses sintesis protein dalam sel sehingga menyebabkan peningkatan aktivitas sel dalam memproduksi bioetanol. Duhan, dkk (2013), menyebutkan penambahan *yeast extract* 2 g/L sebagai penambah nutrisi dapat mengoptimasi produksi bioetanol dari umbi kentang menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 2 hari sehingga diperoleh bioetanol dengan kadar optimal 7, 11%, jika tanpa penambahan *yeast extract* hanya diperoleh 6, 10 % bioetanol. Hal tersebut dikarenakan *yeast extract* mengandung sekitar 10-12 % nitrogen sehingga dapat memaksimalkan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*.⁴⁷

Selanjutnya jika kedua sampel tersebut sudah dimasukkan mikroorganisme serta nutrisinya maka akan dilakukan fermentasi selama 30 hari untuk sampel pertama dan 10 hari untuk sampel kedua. Lama fermentasi yang dibutuhkan mikroorganisme menghasilkan bioetanol berbeda-beda. Bioetanol secara optimal dihasilkan oleh mikroorganisme pada fase logaritmik. Produksi bioetanol

⁴⁷ Duhan, dkk, "Bioethanol Production from Starchy Part of Tuberos Plant (Potato) Using *Saccharomyces cerevisiae* MTCC-170". *Microbiological Research*, Vol. 7, No. 46, 2013, hal.5253-5260.

umumnya membutuhkan waktu 30-96 jam. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Tompang dan Nurul (2015) yang menunjukkan produksi bioetanol dari air kelapa tua optimal dihasilkan 1,48% bioetanol pada pH 5,5 dan lama fermentasi 2 hari.⁴⁸

Kemudian bioetanol yang masih tercampur dengan substrat dipisahkan dengan metode pemisahan. Pemisahan produk bioetanol dari media fermentasi merupakan salah satu tahapan penting dalam produksi bioetanol. Metode pemisahan yang umum digunakan dalam pemisahan bioetanol dari media fermentasi adalah evaporasi. Evaporasi adalah suatu proses yang bertujuan memekatkan larutan yang terdiri atas pelarut (*solvent*) yang *volatile* dan zat terlarut (*solute*) yang *nonvolatile*. Evaporasi merupakan proses pengentalan larutan dengan cara mendidihkan atau menguapkan pelarut. Evaporasi berbeda dengan distilasi, karena uapnya adalah komponen tunggal. Evaporasi berbeda dengan kristalisasi, karena evaporasi digunakan untuk memekatkan larutan bukan untuk membuat zat padat atau kristal. Alat yang digunakan untuk proses pengentalan larutan dengan cara mendidihkan atau menguapkan pelarut disebut evaporator. Mekanisme kerja evaporator adalah steam yang dihasilkan oleh alat pemindah panas, kemudian panas yang ada (*steam*) berpindah pada bahan atau larutan sehingga suhu larutan akan naik sampai mencapai titik didih. Uap yang dihasilkan masih digunakan atau disuplai sehingga terjadi peningkatan tekanan uap.

Salah satu jenis evaporator adalah evaporator vakum (*vacuum evaporator*). Evaporator vakum (*vacuum evaporator*) adalah mesin yang digunakan untuk

⁴⁸ Tompang, M. F, Nurul A. H. A, *High Temperature Bioethanol Production from Overly Matured Coconut Water by Two Commercial, Yeast Strain...*

menguapkan air pada suhu dan tekanan rendah sehingga dapat mengurangi kadar air suatu bahan. Evaporator vakum biasa digunakan untuk produk yang bersifat cair seperti madu, sari buah, minyak nilam, minyak *virgin coconut oil* (VCO) atau gula cair. Biasanya produk akhir bahan akan lebih kental karena kadar airnya telah berkurang. Mesin evaporator vakum (*vacuum evaporator*) digunakan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kadar air pada suatu bahan seperti pada bioetanol yang masih tercampur dengan substrat. Setelah itu, bioetanol yang sudah terpisah selanjutnya ditimbang dan dihitung massa jenis dengan piknometer.

2. Hasil Perhitungan Kadar Alkohol Larutan

Perhitungan kadar alkohol dilakukan dengan cara piknometer dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan aseton dan dikeringkan barulah ditimbang. Akuades didinginkan sampai dibawah suhu percobaan. Piknometer diisi dengan akuades secara hati-hati hingga penuh dan termometer dimasukkan. Suhu dalam piknometer ditunggu mencapai suhu percobaan, adanya kelebihan akuades pada puncak kapiler dibersihkan. Piknometer yang berisi akuades segera ditimbang dan dicatat beratnya. Banyaknya larutan alkohol yang didapatkan sebanyak 39,43 gram diperlakukan pertama, setelah dihitung massa jenis didapat $0,851 \text{ g/cm}^3$, kemudian diamati tabel perry untuk nilai persentase kadar alkoholnya, setelah diamati didapatkan sebanyak 80,5 % pada suhu 30°C . Sedangkan diperlakukan kedua didapat sebanyak $0,853 \text{ g/cm}^3$ dan hasil persentase kadar alkohol yang didapatkan sebanyak 81,5 % pada suhu 30°C . Perbedaan kadar alkohol yang didapatkan pada kedua sampel itu disebabkan oleh perbedaan perlakuan.

3. Hasil uji *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) larutan alkohol dari fermentasi

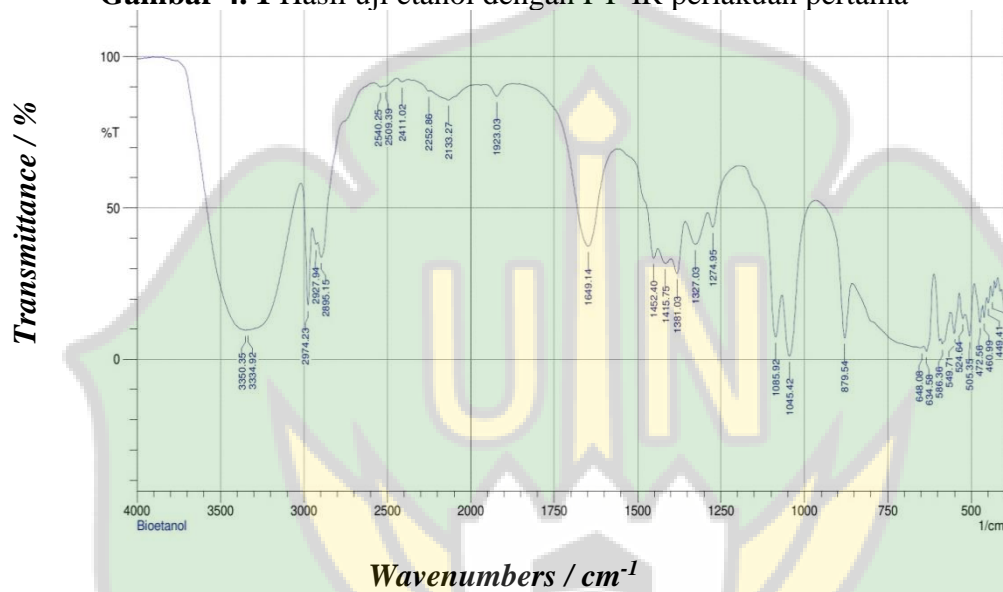
Uji *Fourier transform infrared* (FT-IR) dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa, mendeteksi gugus fungsi, dan menganalisis campuran dan sampel yang dianalisis. Metode spektroskopi FT-IR, yaitu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *Fourier* untuk analisis spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode absorpsi. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama vibrasi.

FT-IR memiliki bagian-bagian penting sehingga mengidentifikasi suatu senyawa. Bagian pokok dari spektrofotometer inframerah ini yaitu sumber cahaya inframerah, monokromator, dan detektor. Cahaya dari sumber dilewatkan melalui cuplikan, dipecah menjadi frekuensi-frekuensi individunya dalam monokromator dan intensitas relatif dari frekuensi individu diukur oleh detektor.

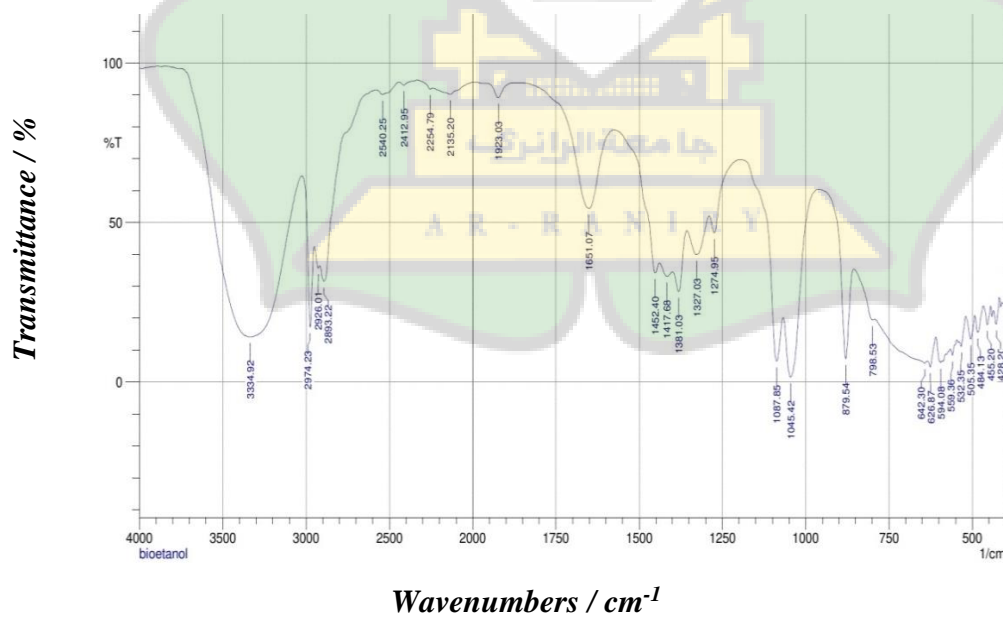
Prinsip kerja spektrofotometer infra merah adalah sama dengan spektrofotometer yang lainnya yakni interaksi energi dengan suatu materi. Spektroskopi inframerah berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang frekuensi $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ (*wavelength*), yang merupakan ukuran unit untuk frekuensi. Untuk menghasilkan spektrum inframerah, radiasi yang mengandung semua frekuensi di wilayah IR dilewatkan melalui sampel. Maka frekuensi yang diserap muncul sebagai penurunan sinyal yang terdeteksi. Informasi ini ditampilkan sebagai spektrum radiasi dari % ditransmisikan melawan *wavenumbers*.

Spektroskopi inframerah sangat berguna untuk analisis kualitatif dari senyawa organik karena spektrum yang unik yang dihasilkan oleh setiap organik zat dengan puncak struktural yang sesuai dengan fitur yang berbeda. Hasil pengujian FT-IR dapat diamati pada gambar dibawah ini.

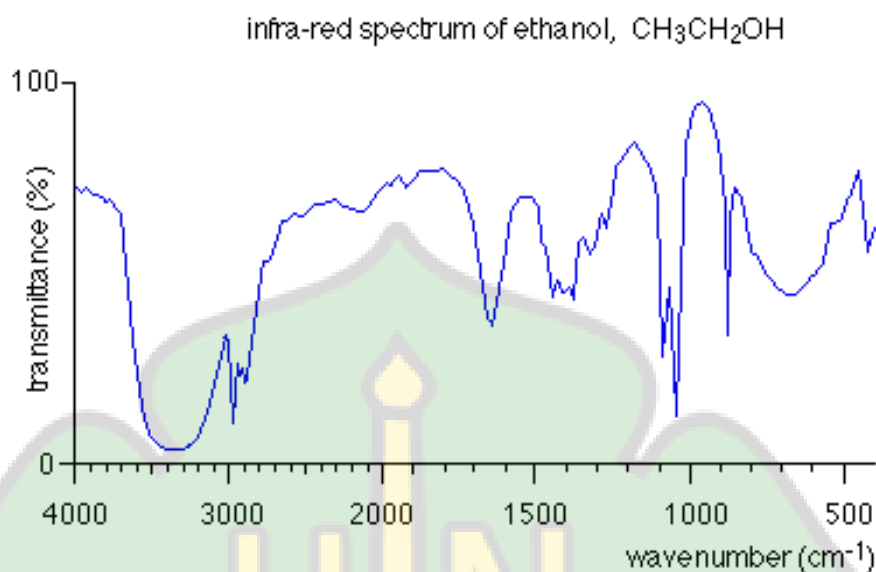
Gambar 4. 1 Hasil uji etanol dengan FT-IR perlakuan pertama



Gambar 4. 2 Hasil uji etanol dengan FT-IR perlakuan kedua



Gambar 4. 3 FT-IR Etanol (Ilham Saputra, 2013)



Dari kedua spektra IR diatas, gambar 4. 1 serapan khas gugus alkohol (O – H) dari atas ke bawah semakin tinggi terekam vibrasinya melebar di *peak* 3350, 35 cm^{-1} dengan intensitas 9, 62 % sampai dengan *peak* 3334, 92 cm^{-1} dengan intensitas 9, 69 %. adanya gugus fungsi alkohol dikuatkan lagi di *peak* dekat 1274, 95 cm^{-1} dengan intensitas 43, 64 % sampai dengan *peak* 1085, 92 cm^{-1} dengan intensitas 7, 26 %. Serapan khas gugus fungsi alkana (C – H) dari atas ke bawah semakin tinggi terekam vibrasinya di *peak* dekat 2974, 23 cm^{-1} dengan intensitas 17, 74 %, di *peak* 2927, 94 cm^{-1} dengan intensitas 37, 99 % sampai dengan *peak* 2895, 15 cm^{-1} dengan intensitas 33, 63 %. Adanya gugus fungsi alkana terekam vibrasinya di *peak* dekat 1452, 4 cm^{-1} dengan intensitas 33, 41 %, di *peak* 1415, 75 cm^{-1} dengan intensitas 31, 72 % sampai dengan *peak* 1381, 03 cm^{-1} dengan intensitas 28, 32 %.

Pada gambar 4. 2 serapan khas gugus fungsi alkohol (O – H) dari atas ke bawah semakin tinggi terekam vibrasinya melebar di *peak* 3334, 92 cm^{-1} dengan

intensitas 14, 215 %. Adanya gugus fungsi alkohol dikuatkan lagi di *peak* dekat 2974, 23 cm^{-1} dengan intensitas 17, 151 % yang *overlaps* dengan gugus fungsi alkana, di *peak* 1274, 95 cm^{-1} dengan intensitas 46, 537 %, di *peak* 1087, 85 cm^{-1} dengan intensitas 6, 567 % sampai dengan *peak* 1045, 42 cm^{-1} dengan intensitas 1, 54 %. Serapan khas gugus fungsi alkana (C – H) dari atas ke bawah semakin tinggi terekam vibrasinya di *peak* dekat 1452, 4 cm^{-1} dengan intensitas 34, 227 %, di *peak* 1417, 68 cm^{-1} dengan intensitas 33, 168 %, di *peak* 1381, 03 cm^{-1} dengan intensitas 28, 284 % sampai dengan *peak* 1327, 03 cm^{-1} dengan intensitas 39, 932 %. Adanya gugus alkohol pada gambar 4. 1 dan 4. 2 dikuatkan dengan gambar 4. 3 yaitu Ikatan (O – H) yang terdapat pada alkohol menyerap sinar dengan bilangan gelombang yang lebih besar dari pada ikatan (O – H) yang terdapat dalam asam, yaitu sekitar 3230-3550 cm^{-1} , penyerapan ini akan terjadi pada bilangan gelombang yang lebih besar lagi jika alkohol ini tidak terikat dengan ikatan hidrogen, seperti alkohol dalam bentuk gas. Penyerapan ikatan (C – H) hanya sedikit dibawah 3000 cm^{-1} , dan juga pada lembah-lembah sekitar 1000-1100 cm^{-1} , dimana salah satunya disebabkan oleh ikatan (C – O).⁴⁹

⁴⁹ Dachriyanus, *Analisis struktur senyawa organik secara spektrofotometri, ...*

BAB V **KESIMPULAN dan SARAN**

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa, kadar alkohol yang dihasilkan dari perbedaan pelakuan proses fermentasi tetes tebu (*Saccharum officinarum L.*) memiliki kadar 79,6 % diperlakukan pertama dan 80,5 % diperlakukan kedua, jadi hal tersebut sesuai dengan dasar teori dan harapan peneliti.

B. Saran

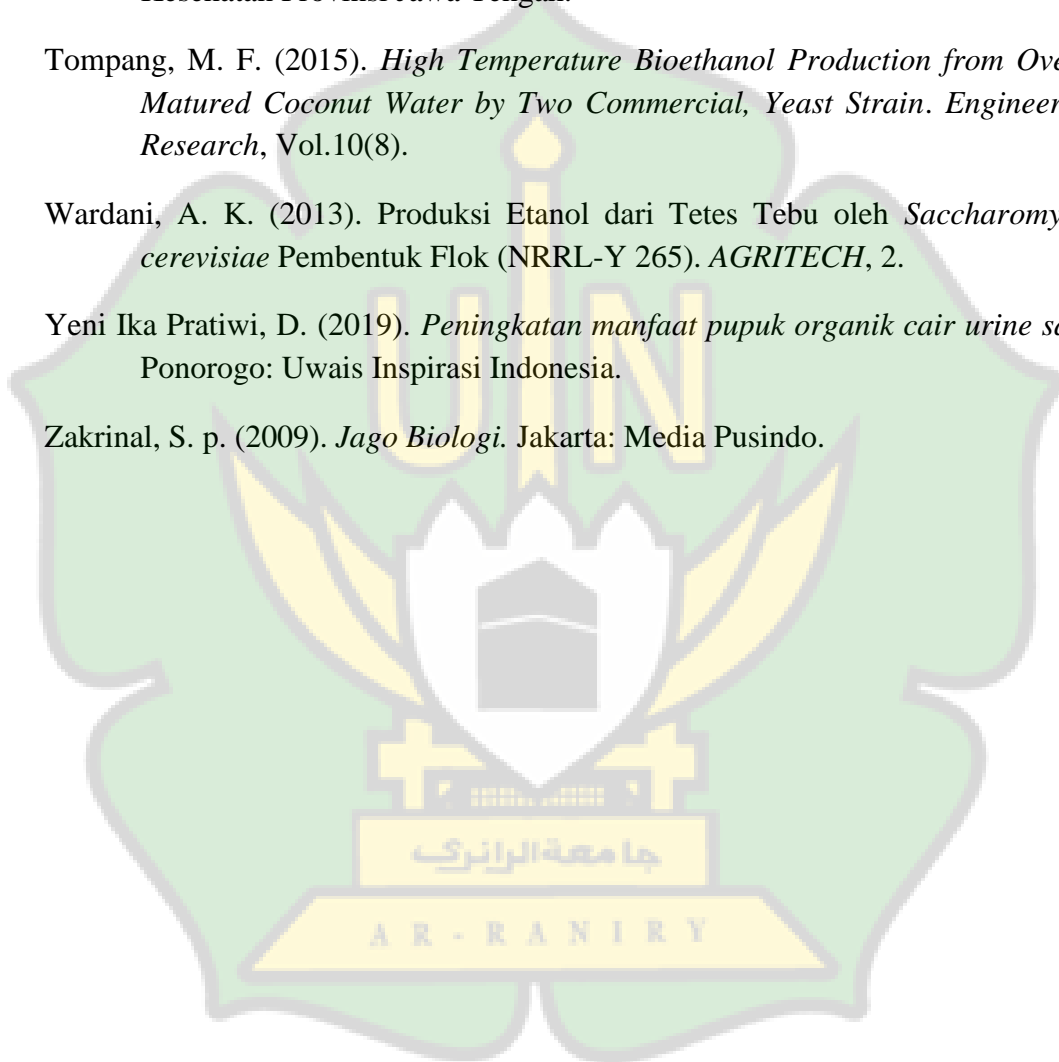
Untuk mendapatkan kadar alkohol yang lebih tinggi peneliti sarankan untuk memperhatikan kadar gula total tetes tebu dan memperhatikan berapa banyak kadar gula total yang akan dilakukan pengenceran serta memilih *yeast* yang baik serta nutrisinya serta lama waktu yang dibutuhkan untuk proses fermentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta Samodra Putra, D. (2019). Proses Produksi Bioetanol dari Limbah Cair Gula dalam Kaitannya dengan potensi Sebagai Bahan Bakar dalam Perspektif Life Cycle Inventory Assessment. *Molekul*, Vol.8(2).
- Anthony. (2017). Cara Menggunakan Piknometer. <https://www.jagadkimia.com>.
- Bustaman, S. (2008). Kebijakan Pengembangan Bahan Bakar Nabati (Bioetanol). Vol.16(2).
- Chusnul. (2011, November 18). Spektroskopi IR. [www. Scribd.com](http://www.Scribd.com) .
- Duhan, D. (2013). *Bioethanol Production from Starchy Part of Tuberous Plant (Potato) Using SaMicrobiological Research*, Vol.7(46).
- Elevri, P. A. (2006). Produksi Etanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang Dimobilisasi Agar Batang. *Akta Kimia Indonesia*, Vol.1(2).
- Erliza Hambali, D. (2007). *Teknologi Bioenergi*. Bogor: PT Agromedia Pustaka.
- Hartina, F. (2014). Fermentasi Tetes Tebu dari Pabrik Gula Pagotan Madiun Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk Menghasilkan Bioetanol dengan Variasi pH dan Lama Fermentasi. *Alchemy*, Vol.3(19).
- Haryadi. (1994). *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. Jakarta: PT. Gramedia Jakarta.
- Hashim, D. M. (2008). Penjenisan Alkohol dan Kesan penggunaannya Dalam Makanan dan Minuman. *Jurnal Halal*.
- Intrumentasi.(2017).FungsiPiknometer.<https://tokoinstrumentasi.wordpress.com>.
- Jafendi Hasoloan Purba, D. (2019). *Berternak Itik Petelur dengan Pakan Berbasis Lokal*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Juwita, R. (2012). Studi Produksi Alkohol dari Tetes Tebu (*Saccharum officinarum* L) Selama Proses Fermentasi. *Skripsi*.
- Mariska, I. S. (2011). *Pengadaan Bibit Tebu Melalui Kultur Jaringan*. Jakarta: Sinar Tani.
- Marjoni, M. (2014). Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Umbi Singkong (*Manihot utilissima pohl*) dari Limbah Industri Kerupuk Sanjai di Kota

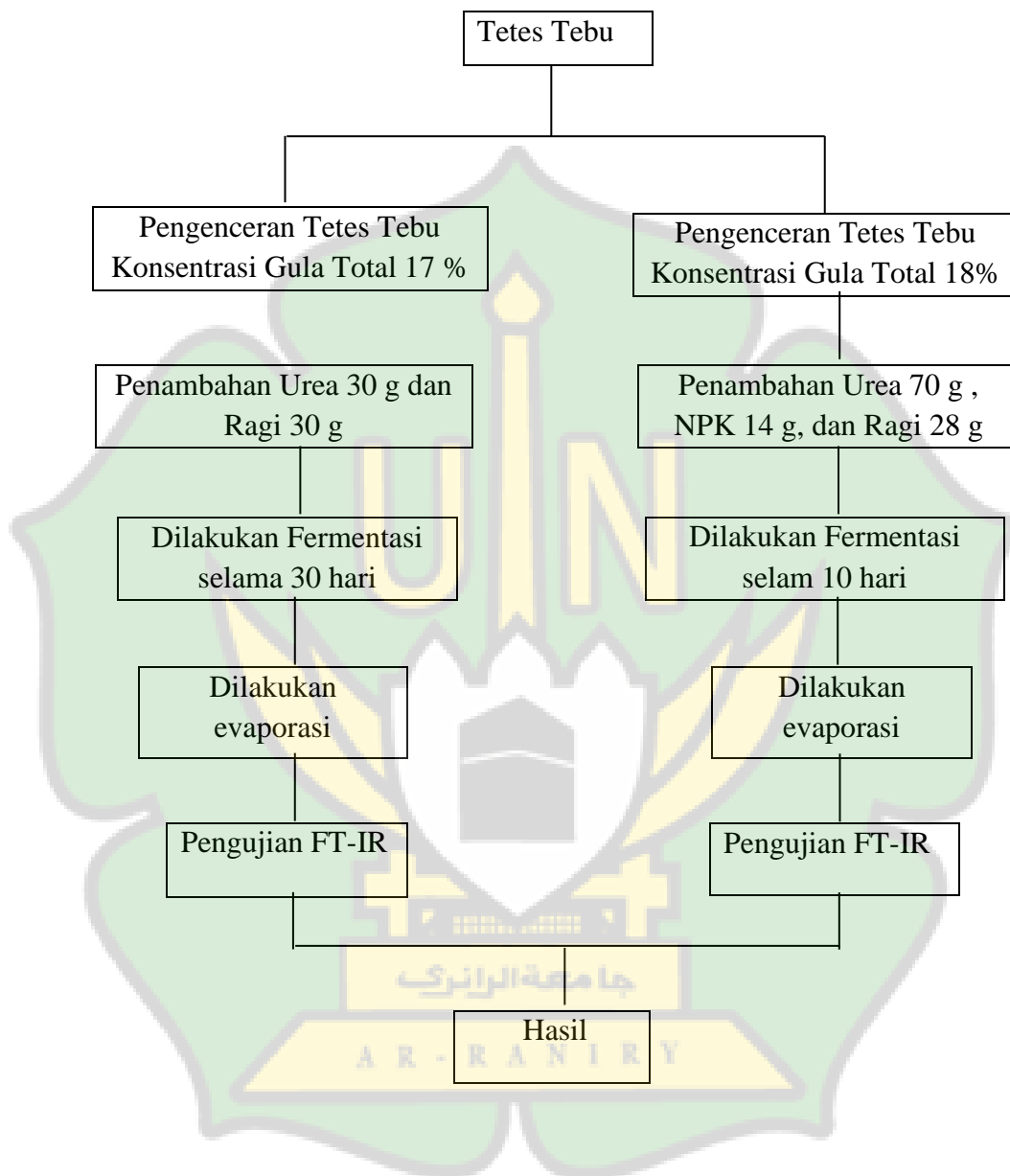
- Bukittinggi Berdasarkan Suhu dan Waktu Destilasi. *Pharmaciana*, Vol.4(2).
- Neelakandan, T. U. (2009). *Optimization and Production of Bioethanol from Cashew Apple Juice Using Immobilized Yeast Cells by Saccharomyces cerevisiae*. *Scientific*, Vol.4(2).
- Novita. (2020). *Pengaruh Pemberian Bakteri Probiotik dan Molase dalam Pellet*. Jakarta: Dina Astarini.
- Pengaruh Konsentrasi Gula Larutan Molases Terhadap Kadar Etanol Pada Proses Fermentasi. (2015). *Jurnal Reka Buana*, Vol. 1(1).
- Perkebunan, D. (2004). *Syarat Tumbuh Budidaya Tebu Lahan Kering*. Jakarta: Dinas Perkebunan Jakarta.
- Prihandana. (2007). *Bioetanol dari Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. Bandung: Agromedia.
- Putri, S. A. (2016). Hubungan Antara Kadar Gula Reduksi, Jumlah Sel Mikroba, dan Etanol dalam Produksi Bioetanol dari Fermentasi Air Kelapa dengan Penambahan Urea. *Fakultas Pertanian*, Vol.3(2).
- Rochani, A. (2015). Pengaruh Konsentrasi Gula Larutan Molases Terhadap . *Jurnal Reka Buana*, Vol 1.
- Sa'id, E. (1987). *Bioindustri Penerapan Teknologi Fermentasi*. Bogor: Pusat Antar Universitas Biologi-IPB.
- Senam. (2009). *Prospek Bioetanol sebagai Bahan Bakar yang Terbarukan dan Ramah Lingkungan*. Yogyakarta: Fakultas MIPA Universita Negeri Yogyakarta.
- Sriyanti. (2003). *Studi Komparatif Kadar Gula dan Alkohol Pada Tape Singkong dengan Varietas Yang Berbeda*. Surakarta: Universitas Negeri Surakarta.
- Subiyantoro. (2012). Faktor Yang Mempengaruhi Remaja Mengonsumsi Minum Beralkohol di RT 07 RW 06 Kelurahan Pacar Kembang Kecamatan Tambak Sari Surabaya. *Jurnal Kesehatan*, 2-5.
- Sugiyanto. (2012). Pemakaian Alkohol dan Zat Kimia Lain dalam Obat-obatan, Komedika dan Makanan. *TARJIH*.

- Suprianto, T. S. (2016). Suprianto, T., Sigid M. Bahan Bakar Gasohol (*Premium Bioetanol*) dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan *Pretreatment Lignocellulotic* Material dan Fermentasi. *Kimia Lingkungan*, Vol.16(2).
- Susilo, B. (2017). *Teknik Bioenergi*. Malang: UB Press.
- Tengah, D. K. (2010). *Profil Kesehatan Wilayah Semarang*. Semarang: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah.
- Tompang, M. F. (2015). *High Temperature Bioethanol Production from Overly Matured Coconut Water by Two Commercial, Yeast Strain*. *Engineering Research*, Vol.10(8).
- Wardani, A. K. (2013). Produksi Etanol dari Tetes Tebu oleh *Saccharomyces cerevisiae* Pembentuk Flok (NRRL-Y 265). *AGRITECH*, 2.
- Yeni Ika Pratiwi, D. (2019). *Peningkatan manfaat pupuk organik cair urine sapi*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Zakrinal, S. p. (2009). *Jago Biologi*. Jakarta: Media Pusindo.



LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1: Skema kerja



Lampiran 2: Analisis Data

1. Perhitungan Kadar Alkohol Perlakuan Pertama

Berat piknometer kosong = 18,15 g

Berat piknometer + alkohol = 39,43 g

Volume piknometer = 25 mL

Berat akuades + piknometer = 43,67 g

ρ akuades = 1 g/cm³

$$\begin{aligned}V &= \frac{(\text{Berat akuades + piknometer}) - (\text{berat piknometer kosong})}{\text{Massa jenis air}} \\&= \frac{43,67 - 18,15\text{g}}{1\text{ g/cm}^3} \\&= 25,57\text{cm}^3 \\ \rho \text{ Etanol} &= \frac{39,43\text{ g} - 18,15\text{ g}}{25,57\text{ cm}^3} \\&= \frac{21,28\text{ g}}{25,57\text{ cm}^3} \\&= 0,833\text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

2. Perhitungan kadar alkohol perlakuan kedua

Berat piknometer kosong = 18,15 g

Berat piknometer + alkohol = 39,48 g

Volume piknometer = 25 mL

Berat akuades = 43,67 g

ρ akuades = 1 g/cm³

$$V = \frac{(\text{Berat akuades + piknometer}) - (\text{piknometer kosong})}{\text{Massa jenis air}}$$

$$= \frac{43,67 - 18,15 \text{ g}}{1 \text{ g/cm}^3}$$

$$= 25,52 \text{ cm}^3$$

$$\rho \text{ Etanol} = \frac{39,48 \text{ g} - 18,15 \text{ g}}{25,32 \text{ cm}^3}$$

$$= \frac{21,33 \text{ g}}{25,52 \text{ cm}^3}$$

$$= 0,835 \text{ g/cm}^3$$

3. Perhitungan pengenceran tetes tebu perlakuan pertama

Kadar gula total (N1) = 50 %

Kadar gula setelah pengenceran (N2) = 17 %

Volume larutan fermentasi (V2) = 3000 mL

$$N1 \times V1 = N2 \times V2$$

$$50\% \times V1 = 17\% \times 3000 \text{ mL}$$

$$V1 = \frac{17\% \times 3000}{50\%}$$

$$V1 = 1020 \text{ mL}$$

$$V = V2 - V1$$

$$V = 3000 \text{ mL} - 1020 \text{ mL}$$

$$V = 1980 \text{ mL}$$

4. Perhitungan Pengenceran Tetes Tebu Konsentrasi 18 %

Kadar gula total (N1) = 50 %

Kadar gula setelah pengenceran (N2) = 18 %

Volume larutan fermentasi (V2) = 3000 mL

$$N1 \times V1 = N2 \times V2$$

$$50\% \times V_1 = 18\% \times 3000 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{18\% \times 3000}{50\%}$$

$$V_1 = 1080 \text{ mL}$$

$$V = V_2 - V_1$$

$$V = 3000 \text{ mL} - 1080 \text{ mL}$$

$$V = 1920 \text{ mL}$$



Lampiran 3: Dokumentasi

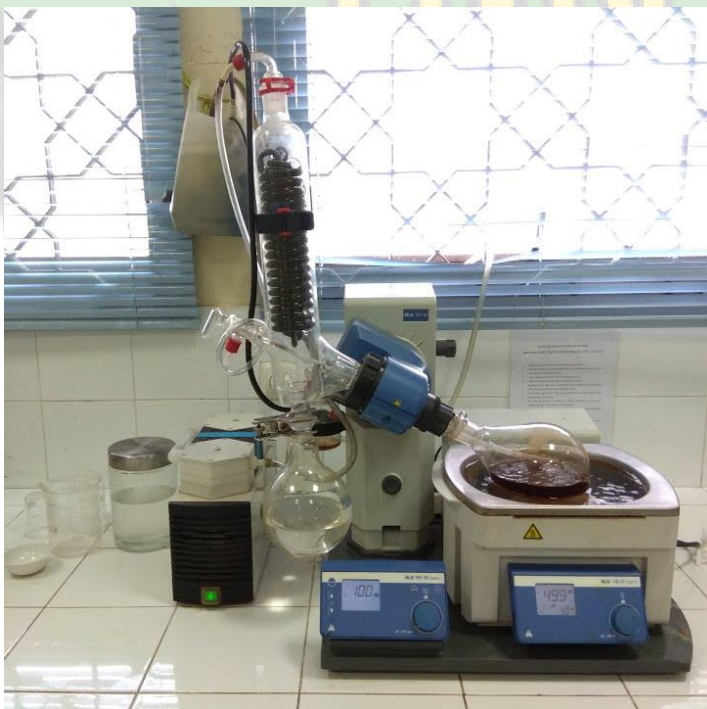
1. Tetes Tebu



2. Urea, NPK, dan Ragi Roti



3. Fermentasi dan Evaporasi



4. Hasil Uji FT-IR

