

**STUDI KONDISI HIDROLISIS DAN WAKTU FERMENTASI
TEPUNG TAPIOKA TERHADAP YIELD ETANOL YANG
DIHASILKAN**

**SKRIPSI
TEKNIK KIMIA**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**DHINAR NOVANI ADELIA
NIM. 135061101111033**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2019

**STUDI KONDISI HIDROLISIS TEPUNG TAPIOKA DAN WAKTU
FERMENTASI TERHADAP YIELD ETANOL YANG DIHASILKAN**

**SKRIPSI
TEKNIK KIMIA**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**DHINAR NOVANI ADELIA
NIM. 135061100111033**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 19 Juli 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof.Dr.Ir.Chandrawati Cahyani, MS

NIP. 19520504 198002 2 001

Vivi Nurhadianty, ST., MT

NIP. 201304 860815 2 001

Mengetahui

Ketua Jurusan

Ir. Bambang Poerwadi, MS.

NIP. 19600126 198603 1 0

IDENTITAS TIM PENGUJI

JUDUL SKRIPSI:

Studi Kondisi Hidrolisis Tepung Tapioka Dan Waktu Fermentasi Terhadap Yield Etanol Yang Dihasilkan

Nama Mahasiswa / NIM : Dhinar Novani Adelia

Program Studi Sarjana S1 : Teknik Kimia

TIM DOSEN PENGUJI

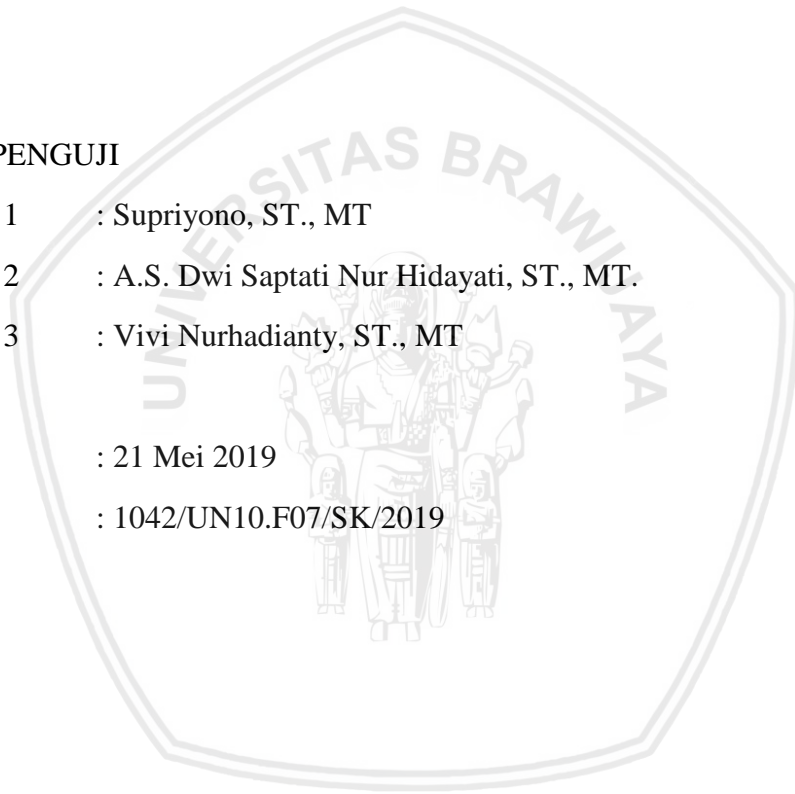
Dosen Penguji 1 : Supriyono, ST., MT

Dosen Penguji 2 : A.S. Dwi Saptati Nur Hidayati, ST., MT.

Dosen Penguji 3 : Vivi Nurhadianty, ST., MT

Tanggal Ujian : 21 Mei 2019

SK Penguji : 1042/UN10.F07/SK/2019



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).



Malang, 03 Mei 2019

Mahasiswa,



Dhinar Novani Adelia

NIM. 135061100111033

*Terima Kasih Kepada
Allah SWT yang telah menunjukkan Kebesaran-Nya
Nabi Muhammad SAW yang menyayangi kami,
Ayahanda, Ibunda, dan adik tercinta*



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil ‘alamin. Puji dan syukur sama-sama kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan nikmat kesehatan dan pikiran sehingga penulis dapat menyelesaikan Saya yang berjudul **“Studi Kadar Asam Sulfat Dan Waktu Fermentasi Tepung Tapioka Terhadap Yield Etanol Yang Dihasilkan”**. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Jurusan Teknik Kimia Universitas Brawijaya. Penulis juga mengucapkan terimakasih yang kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan laporan ini, antara lain:

1. Orangtua, terutama Ibu yang selalu memberikan do’a dan dukungan selama menjalankan skripsi
2. Bapak Ir. Bambang Poerwadi, MS. selaku kepala Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
3. Prof.Dr.Ir.Chandrawati Cahyani, MS. selaku Dosen Pembimbing I Bidang Hayati Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
4. Vivi Nurhadianty, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II Bidang Hayati Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
5. Segenap bapak ibu dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang tidak dapat satu per satu namanya saya sebutkan.
6. Segenap karyawan Jurusan Teknik Kimia khususnya bagian Tata Usaha yang telah membantu selama penyelesaian skripsi.
7. Erlyn Widyanti dan Ryajeng Widyaksa selaku sahabat yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama menjalankan skripsi
8. Daning Kinanti, Ivana Angelina, Windy dan segenap adik-adik seperjuangan bidang minat hayati yang setia memberi dukungan dan semangat.

Demikian skripsi ini saya susun, semoga dapat bermanfaat bagi berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. menyempurnakan laporan ini. Oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Malang, 03 Mei 2019

Pelulis

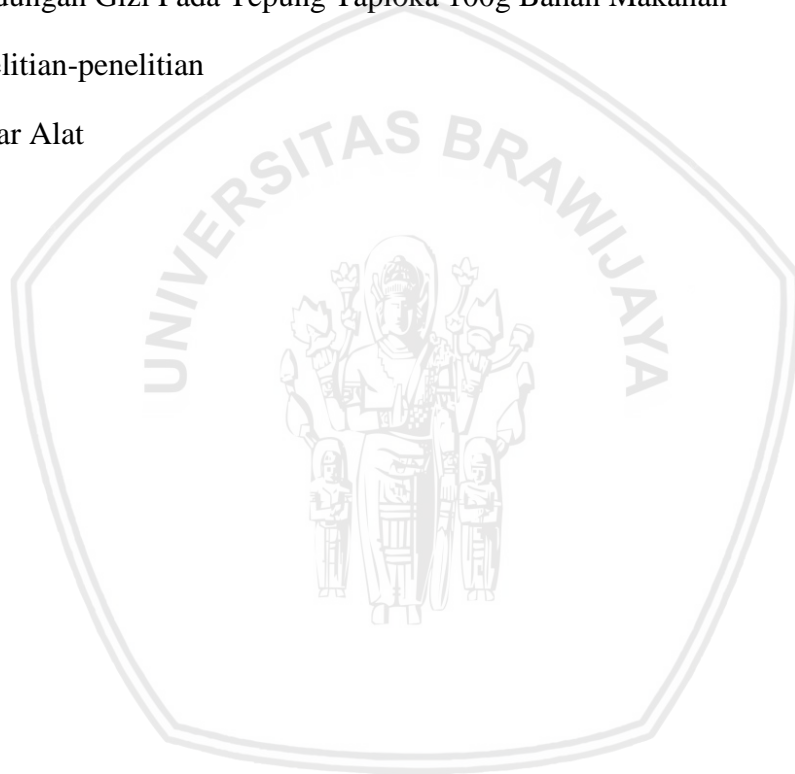
DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
RINGKASAN	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tapioka	5
2.2 Pati	6
2.3 Etanol (Etil alkohol).....	7
2.4 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	8
2.5 Proses Pembuatan Bioetanol.....	10
2.6 Penelitian Terdahulu	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1. Metode dan Lokasi Penelitian.....	17
3.2. Variabel Penelitian.....	17
3.2.1. Variabel Tetap.....	17
3.2.2. Variabel Bebas	17
3.3. Bahan dan Alat.....	17
3.3.1 Bahan	17
3.3.2 Alat.....	18
3.4. Rangkaian Alat.....	18

3.4.1. Rangkaian Alat Fermentasi.....	18
3.4.2. Rangkaian Alat Distilasi	19
3.5 Tahap Pelaksanaan Penelitian dan Analisa Data.....	20
3.5.1 Proses Persiapan Starter	20
3.5.2 Proses Hidrolisis Tepung Tapioka.....	20
3.5.3 Proses Fermentasi Tepung Tapioka.....	20
3.5.4 Proses Distilasi.....	21
3.6 Diagram Alir Penelitian	21
3.6.1 Proses Pembuatan Starter.....	21
3.6.2 Proses Hirolisis dan Fermentasi Tepung Tapioka	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1.1 Pengaruh Penambahan H_2SO_4 Terhadap Fermentasi Tepung Tapioka	25
4.1.2 Pengaruh Waktu Fermentasi.....	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	29
5.1. Kesimpulan	29
5.2. Saran	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Gizi Pada Tepung Tapioka 100g Bahan Makanan	5
Tabel 2.2	Penelitian-penelitian	15
Tabel 3.1	Daftar Alat	18

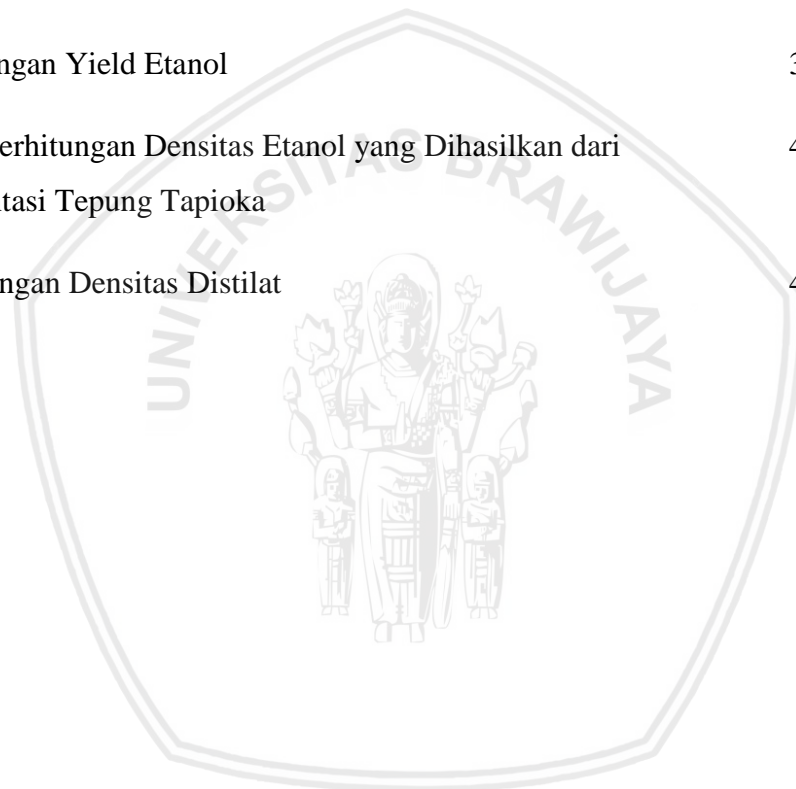


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Amilosa	6
Gambar 2.2	Struktur Amilopektin	7
Gambar 2.3	Struktur Etanol	8
Gambar 2.4	Kurva Pertumbuhan Yeast Secara Umum	9
Gambar 3.1.	Rangkaian Alat Fermentasi	19
Gambar 3.2.	Rangkaian Alat Distilasi	19
Gambar 3.3	Diagram Alir Proses Pembuatan Starter <i>S.cerevisiae</i>	21
Gambar 3.4	Diagram Alir Proses Hidrolisis dan Fermentasi Tepung Tapioka	22
Gambar 3.5	Diagram Alir Proses Distilasi Etanol	23
Gambar 3.6	Diagram Alir Metode Analisa Yield Etanol	23
Gambar 4.1	Yield Etanol pada Berbagai Penambahan Konsentrasi H ₂ SO ₄ dan Waktu Fermentasi	25
Gambar 4.2	Kadar Glukosa Hasil Hirolisis Tepung Tapioka	26

DAFTAR LAMPIRAN

A. Tabel Perhitungan Kadar Etanol yang dihasilkan dari Fermentasi Tepung Tapioka (%)	34
B. Tabel Perhitungan Yield Etanol yang dihasilkan dari Fermentasi Tepung Tapioka (%)	38
C. Perhitungan Etanol Teoritis	38
D. Perhitungan Kebutuhan Asam Sulfat	39
E. Perhitungan Yield Etanol	39
F. Tabel Perhitungan Densitas Etanol yang Dihasilkan dari Fermentasi Tepung Tapioka	40
G. Perhitungan Densitas Distilat	41



DAFTAR SIMBOL

Besaran	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Massa	Gram atau gr	m
Waktu	Jam atau h	t
Suhu	Celcius atau °C	T
Tekanan	Pascal atau Pa	P
Volume	militer atau mL	V
Berat Molekul	Kilo Dalton atau g/mol	BM
Derajat keasaman	-	pH
Komposisi	Persen berat	% w/w
Massa Jenis	Kilogram per meter kubik	Kg/m ³
Konversi	-	%
Yield	-	%

RINGKASAN

Dhinar Novani Adelia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2019, *Studi Pengaruh Kondisi Hidrolisis dan Waktu Fermentasi Tepung Tapioka Terhadap Yield Etanol yang Dihasilkan*, Dosen pembimbing: Chandrawati Cahyani dan Vivi Nurhadianty.

Bioetanol memiliki rumus molekul yang sama dengan etanol yaitu (C_2H_5OH). Yang dapat diproduksi dari bahan yang mengandung pati seperti ubi kayu, jagung, kentang, bit, tebu dan gandum. Pada pembuatan bioetanol salah satu sumber karbohidrat yang dapat digunakan adalah singkong (ubi kayu). Ekstrak pati singkong dapat disebut dengan tapioka. Proses pembuatan bioetanol terdiri dari beberapa tahapan utama seperti hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. Tahapan-tahapan tersebut memiliki berbagai faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan proses pembuatan bioetanol misalnya: asam yang digunakan sebagai agen hidrolisis, konsentrasi asam yang ditambahkan, suhu fermentasi, dan lama waktu fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kondisi hidrolisis dan lama waktu fermentasi tepung tapioka terhadap yield etanol yang dihasilkan.

Proses hidrolisis dilakukan dalam autoklaf pada temperatur $121^{\circ}C$ selama 15 menit. Konsentrasi asam sulfat yang digunakan adalah 0%, 0,5%, 1%, 0,5, dan 2,0% (w/w). Proses fermentasi dilakukan dengan menambahkan yeast sebanyak 6% (w/w). Proses fermentasi tepung tapioka dilakukan dalam inkubator dan berlangsung selama 24 atau 48 jam. Hasil dari proses fermentasi kemudian didistilasi untuk memisahkan etanol dari residunya.

Dari penelitian yang telah dilakukan, konsentrasi asam sulfat dan waktu fermentasi yang efektif digunakan untuk menghasilkan yield etanol tertinggi adalah sebesar 2% (w/w) dan waktu fermentasi selama 48 jam, dengan yield etanol yang dihasilkan sebesar 4,64%.

Kata kunci: etanol, hidrolisis, asam, waktu, yield

SUMMARY

Dhinar Novani Adelia, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya. July 2019, *Study of the Effect of Hydrolysis Conditions and the Fermentation Time of Tapioca Flour on Ethanol Yields Produced*. Supervisor: Chandrawati Cahyani and Vivi Nurhadianty.

Bioethanol has the same molecular formula as ethanol namely (C_2H_5OH). Which can be produced from ingredients containing starch such as cassava, corn, potatoes, beets, sugar cane and wheat. In making bioethanol, one of the sources of carbohydrates that can be used is cassava (cassava). Cassava starch extract can be called tapioca. The process of making bioethanol consists of several main stages such as hydrolysis, fermentation, and distillation. These stages have various factors that can influence the success of the bioethanol manufacturing process, for example: acids used as hydrolysis agents, acid concentration added, fermentation temperature, and length of fermentation time. This study aims to determine the effect of hydrolysis conditions and the duration of tapioca flour fermentation on the yield of ethanol produced.

The hydrolysis process is carried out in an autocaf at a temperature of $121^{\circ}C$ for 15 minutes. The concentrations of sulfuric acid used were 0%, 0.5%, 1%, 05 and 2.0% (w / w). The fermentation process is done by adding yeast as much as 6% (w / w). The fermentation process of tapioca flour is carried out in an incubator and lasts for 24 or 48 hours. The results of the fermentation process are then distilled to separate ethanol from the residue.

From the research that has been done, the concentration of sulfuric acid and effective fermentation time used to produce the highest ethanol yield is 2% (w/w) and fermentation time for 48 hours, with the yield of ethanol produced at 4.64%.

Keywords: ethanol, hydrolysis, acid, time, yield

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Berkurangnya cadangan bahan bakar minyak dunia adanya isu pemanasan global menyebabkan perlunya sumber energi alternatif guna memenuhi kebutuhan energi. Dengan adanya hal tersebut, pemerintah Indonesia pun ikut mencanangkan menggunakan sumber energi alternatif (Gozan, 2014). Salah satu solusi yang dilakukan oleh pemerintah adalah mencanangkan peningkatan pemakaian bahan bakar nabati seperti yang tertera dalam Perpres Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006, tentang pengembangan energi terbarukan berbasis nabati yang sering disebut sebagai Bahan Bakar Nabati (BBN). Pada tahun 2025 Indonesia berupaya meningkatkan bioetanol sebagai campuran bahan bakar kendaraan non-diesel hingga mencapai 15% dalam campuran (E-15). Bioetanol sama dengan etanol atau etil alkohol yaitu (C_2H_5OH). Bioetanol dapat diproduksi dari bahan yang mengandung pati seperti ubi kayu, jagung, kentang, bit, tebu dan gandum (Gozan, 2014). Menurut Costello dan Chum (1998), penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar mempunyai beberapa keunggulan apabila dibandingkan dengan bahan bakar minyak seperti kandungan oksigen yang tinggi (35%), sehingga hasil pembakarannya bersih, dan ramah lingkungan.

Proses hayati pembuatan bioetanol sering disebut sebagai proses fermentasi. Sebenarnya proses yang terjadi tidak hanya fermentasi. Namun, fermentasi menjadi jantung utama dari pemuatan bioetanol. Fermentasi adalah transformasi kimia dari zat organik menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh enzim. Dalam praktek industri, fermentasi mengacu pada setiap proses bahan baku yang diubah menjadi produk pasti oleh organisme strain yang dipilih. Reaksi fermentasi dilakukan oleh ragi atau bakteri yang memakan gula sederhana. Fermentasi lebih banyak dipilih untuk memproduksi etanol dikarenakan kondisi suhu operasi yang tidak terlalu tinggi, tekanan yang relatif sedang serta menggunakan bahan baku terbarukan (Gozan, 2014).

Menurut Samsuri dkk (2007), pembuatan bioetanol dari bahan berpati harus diawali dengan proses praperlakuan (atau perlakuan awal) untuk mendegradasi atau mendekomposisi. Salah satu caranya adalah dengan melalui proses hidrolisis. Proses hidrolisis bertujuan untuk memecah rantai polisakarida menjadi monosakarida. Hidrolisis dapat dilakukan baik menggunakan asam ataupun enzim sebagai agen dalam pemecahan pati menjadi gula sederhana. Pada proses hidrolisis menggunakan senyawa asam biasanya digunakan senyawa baik asam lemah maupun asam kuat. Dari berbagai macam asam, asam sulfat (H_2SO_4) merupakan senyawa yang paling banyak digunakan sebagai bahan hidrolisis asam. Asam sulfat (H_2SO_4) pada konsentrasi dibawah 4% berat menarik perhatian karena keefektifan dan biayanya yang murah (Cantarella, 2004).

Mikroorganisme yang umum digunakan untuk fermentasi etanol adalah spesies *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* pada proses fermentasi berfungsi untuk mengubah larutan gula menjadi etanol (alkohol) dan karbon dioksida. *Saccharomyces cerevisiae* mampu menghasilkan produk bioetanol yang cukup tinggi dan toleran terhadap kadar alkohol yang cukup tinggi (Samsuri dkk, 2004). Etanol hasil fermentasi dipisahkan dari campuran dengan metode distilasi. Distilasi itu sendiri merupakan metode untuk memisahkan dua cairan menggunakan perbedaan titik didih. Untuk memisahkan campuran cairan yang memiliki titik didih yang berbeda cairan dipanaskan untuk memaksa komponennya menjadi bentuk gas kemudian dikondensasikan kembali menjadi bentuk cair dan dikumpulkan.

Dalam pembuatan bioetanol salah satu sumber karbohidrat yang dapat digunakan adalah singkong (ubi kayu). Ekstrak pati singkong dapat disebut dengan tapioka. Menurut Pandey dkk (2000), tapioka mengandung sekitar 95% pati dengan konversi glukosa dari pati singkong yang lebih besar dari pati jagung yaitu sebesar 93,56% dimana konversi glukosa dari pati jagung hanya sebesar 91,8% (Johnson, 2013). Selain itu, menurut Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian tahun 2016, pada tahun 2018 singkong (ubi kayu) diperkirakan surplus 923,85 ton. Begitu juga pada tahun 2019 dan 2020 diperkirakan masih surplus masing-masing sebesar 469,29 juta ton dan 708,31 ribu ton, sehingga menunjang pemanfaatannya sebagai bahan dalam pembuatan bioetanol.

Penelitian tentang hidrolisis pati dengan bantuan asam sebelumnya telah dilakukan antara lain oleh Chavan Ray, dkk (2015) dengan variabel penelitian jenis asam yang

digunakan (HCl dan H₂SO₄) dan metode treatment asam dingin, asam panas, dan hidrolisis asam yang dikombinasikan dengan uap panas bertekanan (autoklaf). Pada penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa metode hidrolisis asam yang dikombinasikan dengan uap panas bertekanan (autoklaf) lebih efisien digunakan dan hidrolisis pati menggunakan H₂SO₄ 1% lebih efisien dibandingkan HCl 1% pada metode yang sama.

Penelitian ini dilakukan dengan mengkodisikan **konsentrasi asam sulfat pada proses hidrolisis dan waktu fermentasi tepung tapioka terhadap yield etanol yang dihasilkan**. Asam yang digunakan yaitu asam sulfat pada berbagai konsentrasi (0%; 0,5%; 1,%; 2% w/w) sebagai katalisator dan lama waktu fermentasi yang digunakan adalah selama 24 atau 48 jam. Pengujian hasil penelitian ini berupa massa jenis, kadar glukosa, dan kadar etanol yang dikaji secara sistematis.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh asam sulfat sebagai media hidrolisis pada fermentasi tepung tapioka terhadap yield etanol yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh lama waktu fermentasi tepung tapioka terhadap yield etanol yang dihasilkan?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian untuk memfokuskan arah penelitian yaitu :

1. Sumber karbohidrat yang digunakan adalah tepung tapioka merk *Rose Brand*
2. Mikroorganisme yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang dari *baker yeast*
3. pH awal fermentasi diatur 5,0
4. Proses fermentasi dilakukan dalam kondisi anaerob
5. Proses fermentasi dilakukan dalam inkubator
6. Temperatur selama proses fermentasi dikontrol pada T= 30-35°C

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh penambahan asam sulfat sebagai media hidrolisis pada fermentasi tepung tapioka terhadap yield etanol yang dihasilkan

2. Mengetahui pengaruh lama waktu fermentasi tepung tapioka terhadap yield etanol yang dihasilkan

1.5. Manfaat Penelitian

Mengetahui berbagai macam variabel yang dapat mempengaruhi pembuatan bioetanol berbahan tepung tapioka seperti waktu fermentasi dan jumlah konsentrasi asam, sehingga dapat dikaji untuk dikembangkan dalam skala yang lebih besar.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tapioka

Tapioka merupakan pati yang diekstrak dari singkong. Tapioka mengandung sekitar 95% pati dan dapat digunakan dalam makanan, tekstil, dan bahan kimia dan industri farmasi (Pandey dkk, 2000). Tepung tapioka diperoleh dari akar tanaman singkong (William F. Breuninger, Kuakoon Piyachomkwan and Klanarong Sriroth, 2009). Singkong (*Manihot esculenta Crantz*) adalah tanaman tahunan termasuk dalam keluarga *Euphorbiaceae*. Singkong juga memiliki nama yang lain tergantung pada wilayah geografis. Di Amerika Tengah singkong disebut yucca, di Brasil disebut dengan mandioka atau manioka, di India dan Malaysia disebut dengan tapioka, dan di Afrika dan Asia Tenggara disebut dengan cassava atau ubi kayu. Ubi kayu yang kaya kandungan pati adalah bahan baku yang baik untuk produksi tepung tapioka komersial karena memiliki karakteristik warna putih yang sangat baik, tidak berbau dan berasa ketika dimasak, dan menghasilkan viskositas yang tinggi, serta stabil (Lima & Alexandra, 2012).

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Pada Tepung Tapioka 100g Bahan Makanan

Zat Gizi	Kadar
Energi	362 kkal
Protein	0,5 gr
Lemak	0,3 gr
Karbohidrat	86,9 gr
Vitamin C	12 gr

(Sumber: Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan DIY, 2012)

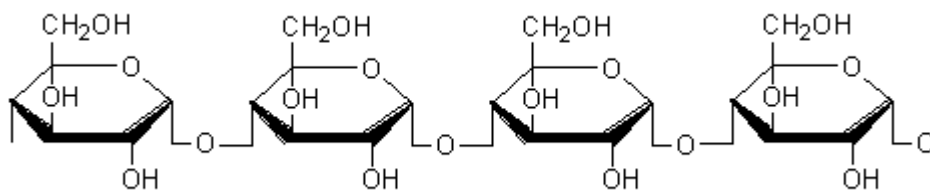
Menurut Prihandana, Rama dkk (2011), ada beberapa pertimbangan positif mengapa memilih singkong sebagai penghasil FGE (*Fuel Grade Ethanol*), yaitu:



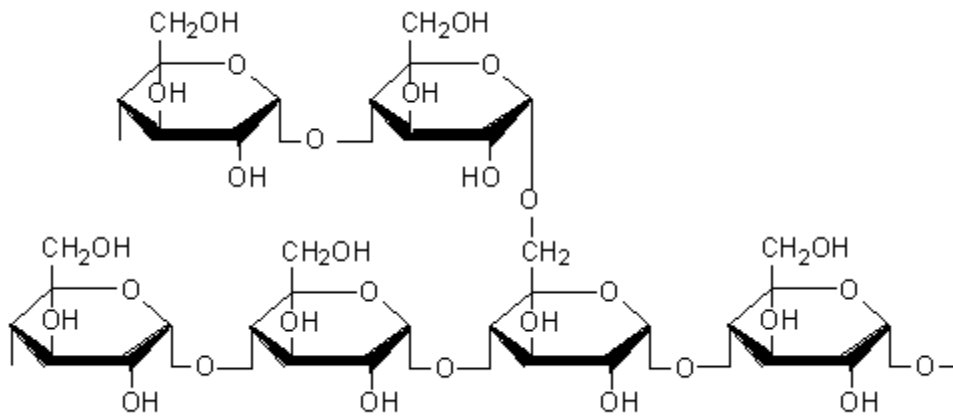
- Singkong (ubi kayu) merupakan tanaman yang sudah dikenal petani dan sebagai sumber karbohidrat ketiga, sehingga diharapkan dapat mendongkrak harga singkong sehingga kesejahteraan petani akan meningkat.
- Penyediaan lapangan kerja serta peningkatan teknologi pertanian dan agro industri di pedesaan.
- Harga singkong (ubi kayu) pasca panen selalu rendah, dengan program ini diharapkan dapat menstabilkan harga.
- Singkong merupakan tanaman yang toleran terhadap tanah, mampu berproduksi di lingkungan yang kurang optimal, dan mempunyai pertumbuhan yang relatif lebih baik dibanding tanaman lainnya.

2.2 Pati

Pati merupakan polisakarida berupa polimer glukosa dengan rumus umum $(C_6H_{10}O_5)_n$. Pati banyak ditemukan dalam tumbuhan terutama pada biji-bijian dan umbi-umbian. Pati memiliki komponen utama yang tersusun dari amilosa dan amilopektin. Menurut Walker, Graeme M (2010), tanaman berpati umumnya mengandung 10 hingga 25% amilose dan 75 hingga 90% amilopektin (tergantung pada sumber biomassa). Amilosa tersusun atas satuan glukosa yang saling berkaitan melalui ikatan 1-4 glukosida, sedang amilopektin merupakan polisakarida yang tersusun atas 1-4 glikosida dan mempunyai rantai cabang 1-6 glukosida (Kirk & Othmer, 1969). Menurut Azhar (2016), satu untai amilosa dapat terdiri dari kira-kira 100 sampai 1000 residu D-glukosa. Menurut Gallant dkk dalam Aini (2013), amilopektin secara dominan bertanggung jawab terhadap kristalinitas granula pati. Amilopektin dan amilosa mempunyai sifat fisik yang berbeda. Berikut merupakan perbedaan struktur amilosa dan amilopektin:



Gambar 2.1 Struktur Amilosa

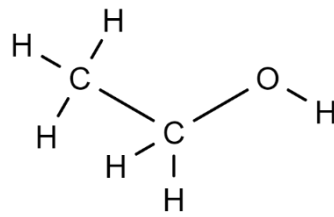


Gambar 2.2 Struktur Amilopektin

Kebanyakan pati alami terbatas dalam pengaplikasian langsung karena tidak stabil terhadap perubahan suhu, pH dan gaya geser. Pati asli menunjukkan kecenderungan untuk dekomposisi dan retrogradasi (Berski et al., 2011). Selain itu, beberapa butiran pati bersifat inert, tidak larut dalam air pada suhu kamar, sangat tahan terhadap hidrolisis enzimatis sehingga kurang fungsional. Pati alami sering dimodifikasi untuk mengembangkan sifat khusus seperti kelarutan, tekstur, adhesi dan toleransi terhadap suhu pemanasan yang digunakan dalam proses industri (Singh dkk, 2007). Menurut Aini (2013), tepung digunakan sebagai langkah awal diversifikasi karena penyimpanan tepung lebih mudah dengan umur simpan yang lebih lama, serta dapat lebih mudah difortifikasi atau disuplementasi jika dalam bentuk tepung.

2.3 Etanol (Etil alkohol)

Menurut Bajpai, Pratima (2013), etanol merupakan cairan yang tidak berwarna, mudah menguap, dan mudah terbakar yang dibuat dengan fermentasi bahan biologis yang berbeda-beda. Dalam larutan enceranya etanol memiliki rasa agak manis, tapi dalam larutan yang lebih pekat etanol memberikan rasa seperti terbakar (Wondal, 2012). Etil alkohol atau etanol memiliki rumus kimia C_2H_5OH dengan rumus empiris C_2H_6OH . Struktur etanol dapat ditampilkan seperti dibawah ini:



Gambar 2.3 Struktur Etanol

Bahan baku etanol dapat diperoleh dari biomassa yang mengandung gula, pati, dan selulosa (Gumienna dkk, 2015). Contoh bahan yang berpati adalah ubi kayu, ubi jalar, jagung, dan sagu. Sedangkan bahan yang mengandung gula misalnya tebu, molase, dan buah-buahan. Menurut Muin (2014), bahan seperti gula tebu, molase dan buah-buahan dapat dikonversikan secara langsung menjadi etanol melalui proses fermentasi. Kegunaan utama dari etil alkohol (etanol) yaitu sebagai bahan bakar motor dan aditif bahan bakar. Etanol dan alkohol lainnya dapat digunakan untuk daya kendaraan bermotor bukan hanya bensin. Namun, dalam hampir semua kasus etanol dicampur dengan bensin (Robati dan Vazirzadeh1, 2013). Etanol memiliki berat molekul 46,1 g/mol dengan *boiling point* normal yaitu pada suhu 78,32°C serta *freezing point* pada suhu -114,1°C. Densitas etanol adalah sebesar 0,7983 (g/ml). Etanol mempunyai bilangan oktan sebesar 106-111 (Kirk & Orthmer, 1967).

2.4 *Saccharomyces cerevisiae*

Mikroorganisme dominan yang bertanggung jawab untuk fermentasi etanol adalah spesies *Saccharomyces cerevisiae*. Ragi seperti *S. cerevisiae* digambarkan sebagai etanologen karena memiliki kecenderungan untuk mengubah gula (melalui jalur metabolik yang dikenal sebagai glikolisis) menjadi piruvat dan dengan fermentasi berubah menjadi etanol, karbon dioksida, dan banyak produk fermentasi sekunder lainnya. Suhu optimum untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah antara 20-30°C dengan pH antara 4,5-5,5. *Saccharomyces cerevisiae* termasuk dalam mikroorganisme anaerob fakultatif yang memerlukan oksigen untuk proses biosintesis membrannya terutama untuk biosintesis asam lemak dan sterol (Graeme, 2010).

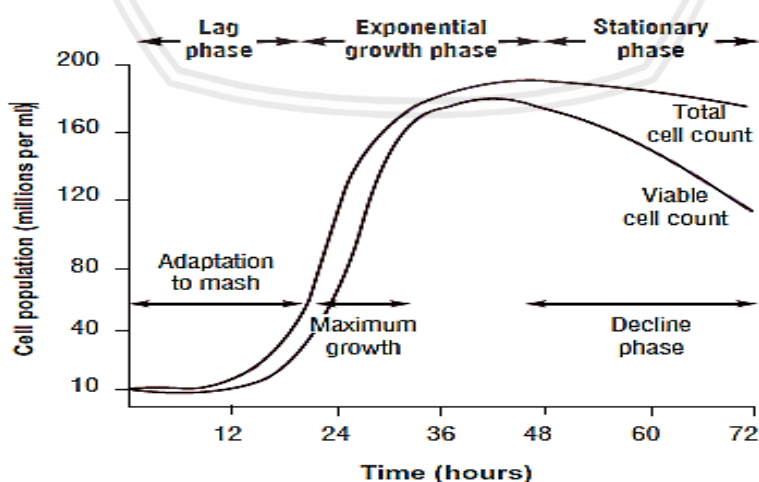
Menurut Graeme M. Walker (2010), berikut kekurangan dan kelebihan *Saccharomyces cerevisiae*

- Kelebihan: Mampu memfermentasikan derivat gula seperti glukosa, fruktosa, sukrosa, maltose pada produksi etanol industri dalam skala besar.
- Kekurangan: Tidak mampu (kecuali dimodifikasi secara genetis) untuk memfermentasi gula pentosa seperti xilosa, arabinose yang berasal dari bahan baku lignoselulosa serta hanya mampu memfermentasikan xilosa cukup rendah 0,23-0,34 g / g gula

Untuk tumbuh dan berfermentasi, sel *Saccharomyces cerevisiae* atau *yeast* membutuhkan berbagai nutrisi penting. Ini dapat dikategorikan sebagai:

- makronutrients (sumber karbon, nitrogen, oksigen, sulfur, fosfor, kalium, dan magnesium) yang diperlukan pada tingkat millimolar di media pertumbuhan;
- mikronutrien (sumber elemen jejak seperti Ca, Cu, Fe, Mn, Zn) diperlukan pada tingkat mikromolar.

Sebagian besar *yeast* tumbuh cukup baik di media nutrisi sederhana yang mensuplai senyawa karbon, nitrogen, ion anorganik dan beberapa faktor pertumbuhan lainnya. Senyawa organik diperlukan dalam konsentrasi yang sangat rendah untuk peran katalitik atau struktural tertentu dalam *yeast*, tetapi tidak digunakan sebagai sumber energi (Graeme, 2010). Ketika *yeast* ditransfer ke media fermentasi yang sesuai dalam kondisi pertumbuhan yang optimal, maka pola pertumbuhan dapat seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2.4 Kurva Pertumbuhan *Yeast* Secara Umum (Graeme, 2010)

Fase Pertumbuhan Sel menurut Graeme (2010) adalah sebagai berikut:

- **Fase lag**
Selama fase ini ragi beradaptasi dengan lingkungan barunya dan mengaktifkan metabolismenya (yaitu, mensintesis enzim). Fase lag adalah fase dimana sel yeast menyesuaikan dari kondisi sebelumnya dengan kondisi di media yang masih baru. Fase ini berakhir dengan pembelahan sel pertama.
- **Fase Akselerasi**
Setelah sel berpindah dari fase lag dan memulai pembelahan sel aktif, sel kemudian memasuki fase akselerasi sebelum pertumbuhan eksponensial. Pada fase ini, pembelahan sel terus meningkat.
- **Fase log (pertumbuhan eksponensial)**
Dalam fase ini, laju pertumbuhan ragi bersifat konstan dan maksimal. Fase log adalah fase penggandaan sel secara logaritmik di mana jumlah sel menjadi dua kali lipat.
- **Fase Perlambatan**
Tingkat pertumbuhan menurun pada fase ini dengan pengurangan nutrisi (yaitu karbohidrat) dan / atau peningkatan inhibitor pertumbuhan (yaitu etanol).
- **Fase Penurunan.**
Selama fase ini tingkat kematian sel ragi melebihi tingkat pembentukan sel sehingga jumlah sel total menurun.

2.5 Proses Pembuatan Bioetanol

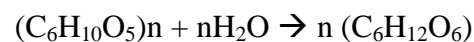
Dibandingkan dengan sintesis kimia, bioproses yaitu fermentasi gula sederhana oleh mikroorganisme lebih banyak digunakan secara ekstensif untuk menghasilkan etanol dari biomassa yang mengandung gula terbarukan (Lima & Alexandra, 2012). Proses produksi bioetanol sangat bervariasi tergantung pada bahan baku, tetapi beberapa tahap utama dalam proses tetap sama, meskipun mereka berlangsung dalam berbagai kondisi suhu dan tekanan, juga terkadang melibatkan mikroorganisme yang berbeda. Tahapan ini termasuk hidrolisis (dicapai secara kimia dan enzimatis), fermentasi dan destilasi (Olsson dkk, 2005). Berikut adalah tahapan-tahapan dalam pembuatan bioetanol.

2.5.1 Pre-treatment

Pre-treatment bertujuan membantu peningkatan pembentukan gula dengan cara hidrolisis, menghindari degradasi atau kehilangan karbohidrat, menghindari pembentukan produk sampingan yang menghambat proses hidrolisis, serta mengefektifkan biaya fermentasi. Pretreatments termasuk metode fisik, fisikokimia, kimia dan biologi, dan kombinasi mereka (Kumar, Virendra dkk, 2014).

2.5.2 Gelatinisasi dan Sakarifikasi

Menurut Ellies dkk dalam Aini (2013), gelatinisasi merupakan proses pembengkakan granula diikuti berubahnya struktur granula dan hilangnya sifat kristalin. Pada proses gelatinisasi, terjadi pemecahan ikatan intermolekuler dengan meningkatnya suhu, dan sisi yang mengikat hidrogen menyerap air lebih banyak sehingga meningkatkan kekacauan struktur, menurunkan daerah kristalisasi, dan kehilangan *birefringence* (Sira, 2000). Suhu di mana sifat pati diubah disebut sebagai suhu gelatinisasi (Lima & Alexandra, 2012). Setiap jenis bahan baku memiliki berbagai suhu gelatinisasi yang khas yang tergantung pada ukuran granula pati. Ketika ukuran granula kecil maka suhu gelatinisasi juga lebih rendah. Kisaran suhu gelatinisasi pati jagung adalah 67-80°C, pati beras 65-85°C, dan 61-70°C untuk pati singkong. Selain itu, suhu gelatinisasi tergantung pada elektrolit dalam larutan. Adanya zat alkalin menurunkan suhu gelatinisasi, sementara adanya gula akan meningkatkan suhu gelatinisasi. Selama proses *cooking*, pati dalam jumlah kecil akan diubah menjadi gula oleh endogen amilase. Sukrosa, glukosa, fruktosa dan sedikit maltosa terbentuk selama proses ini. Pada suhu tinggi, gula-gula tersebut dapat berubah menjadi karamel, furfural, oxymethyl furfural dan senyawa lainnya (Jacques K.A dkk, 2003). Menurut Risnoyatiningsih (dalam Budiarti dkk, 2016), proses gelatinisasi merupakan bagian dari likuifikasi. Tahap sakarifikasi merupakan tahap pemecahan gula kompleks hasil dari tahap likuifikasi menjadi glukosa dengan adanya enzi



Dilute acid hydrolysis adalah proses yang paling umum digunakan untuk gelatinisasi dan sakarifikasi karena membutuhkan asam yang lebih rendah dan waktu

pemrosesan yang lebih sedikit dibandingkan hidrolisis pentosa dan heksosa dalam pengubahannya menjadi gula sederhana (Taherzadeh M.J dkk, 2007).

Menurut Jones, J.L (dalam González-Hernández dkk, 2012), secara umum hidrolisis asam bergantung pada konsentrasi ion hidrogen (H^+), tetapi perlu mempertimbangkan interval antara konsentrasi dan suhu asam untuk mengurangi dekomposisi produk. Ketika larutan asam konsentrasi tinggi dikondisikan pada suhu rendah maka akan menghasilkan yield yang tinggi (sekitar 90% untuk glukosa), tetapi konsentrasi asam tinggi tersebut menyebabkan masalah yang berkaitan dengan korosi peralatan dan energi tinggi untuk recovery asam (Keller, F.A, 1996). Hidrolisat pati dengan *dextrose equivalent* (DE) <20 disebut maltodextrin, sedangkan jika >20 maka disebut dengan sirup maltosa atau sirup glukosa (DR White, dkk 2003).

Proses hidrolisis dengan asam akan secara acak memotong ikatan glikosidik untuk mengurangi karbohidrat rantai besar menjadi lebih kecil yang selanjutnya dapat didepolimerisasi menjadi unit monosakarida. Hidrolisis dimulai dalam glikosida oleh protonasi atom eksosiklik oksigen diikuti oleh pemecahan asam konjugasi (pembelahan ikatan antara atom anomerik karbon dan atom oksigen glikosidik) mengakibatkan pembentukan karbokation siklik yang diserang oleh air menghasilkan produk hemiasetal. Ikatan glikosidik juga dapat dipecah oleh enzim yang sangat spesifik untuk jenis residu gula (misalnya, D-galaktosil vs D-glukosil), konfigurasi anomerik (α atau β), dan ikatan glikosidik (misalnya, $1 \rightarrow 3$).

Menuru Van Dam, Kieboom & van Bekkum (dalam Soe Hay Mar & Soe Soe Than 2011) menemukan bahwa glukosa akan terdekomposisi dalam media asam di bawah kondisi reaksi moderat dan pada saat itu 5-hidroksimetilfuraldehida (HMF) terbentuk. Oleh karena itu, glukosa yang dihasilkan dapat terurai dalam media asam dengan waktu hidrolisis yang lebih lama.

Faktor-faktor yang mempengaruhi hidrolisis pati menurut Groggins (1992) antara lain:

a. Suhu dan Tekanan

Berdasarkan persamaan Arrhenius, semakin tinggi suhu maka semakin cepat laju reaksinya. Namun, pada suhu proses yang terlalu tinggi dapat menyebabkan konversinya akan menjadi berkurang.

b. Waktu

Lama waktu hidrolisis akan mempengaruhi konversi. Semakin lama waktu hidrolisis maka konversi yang dihasilkan semakin besar. Akan tetapi, pada batas waktu tertentu dengan semakin diperpan jang waktu hidrolisis maka penambahan konversinya sangat kecil.

c. Pengadukan

Pati bersifat tidak larut didalam air sehingga memerlukan adanya pengadukan. Pengadukan tersebut bertujuan untuk memaksimalkan kontak antara pati dan air.

d. Suspensi

Berdasarkan Groggis (1958), dengan salah satu zat pereaksi jumlahnya dibuat berlebih maka keseimbangannya dapat bergeser kearah kanan. Konsentrasi pati yang digunakan biasanya sekitar 30-40% pati kering (Omoemu, 2005).

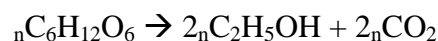
2.5.3 Fermentasi

Fermentasi adalah transformasi kimia dari zat organik menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh enzim. Awalnya, istilah fermentasi artinya pemecahan enzimatik karbohidrat tanpa adanya oksigen. Dalam praktek industri, fermentasi mengacu pada setiap proses bahan baku yang diubah menjadi produk pasti oleh organisme strain yang dipilih. Reaksi fermentasi dilakukan oleh ragi atau bakteri yang memakan gula sederhana. Glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis yang dijelaskan di atas kemudian difermentasikan dengan ragi untuk menghasilkan etanol (Kumar, Virendra dkk, 2014).

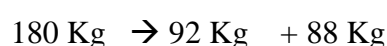
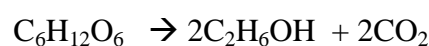
Reaksi pembuatan etanol dengan fermentasi secara umum:



atau



Dalam hal stoikiometri kimia, konversi teoritis menjadi etanol dari glukosa adalah sebagai berikut:



Untuk setiap kilogram glukosa yang difermentasi, sekitar 470 gram etanol yang dapat diproduksi (yaitu <50%) mewakili hasil 92% dari maksimum teoritis. Namun, industri, hasil terbaik yang diperoleh hanya sekitar 90% dari konversi teoretis ini misalnya menggunakan molase tebu sebagai bahan baku (Walker, Graeme M, 2010).

Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi proses fermentasi:

a. pH

Menurut Kuila Arinda dan Vinay Sharma (2018), pH media kultur merupakan faktor pengatur fisik penting yang mempengaruhi proses fermentasi karena pertumbuhan sel dan produksi enzim dapat dipengaruhi olehnya.

b. Mikroba

Hal ini umumnya diterima meskipun biasanya tidak terbukti, bahwa ada perbedaan genotipe dalam strain ragi yang beberapa dapat menahan konsentrasi etanol tinggi. Strain dalam pembuatan bir dianggap cukup toleran terhadap etanol yaitu dapat menahan hingga 8% v/v etanol. Strain *Saccharomyces* yang digunakan untuk produksi anggur dianggap lebih toleran terhadap etanol karena dapat menghasilkan 10-15% v/v etanol. Dalam beberapa kasus, ragi dapat menghasilkan lebih dari 20% v/v etanol (Boulton Chris & David-Quain, 2001).

c. Waktu

Waktu mempengaruhi pertumbuhan mikroba fermentasi jenis *Saccharomyces cerevisiae*. Proses fermentasi yang terlalu cepat akan menyebabkan alkohol yang dihasilkan sedikit karena mikroba dalam masa pertumbuhan, proses fermentasi yang terlalu lama berakibat mikroba akan mati. Menurut Azizah dkk (2012), gas CO₂ akan semakin meningkat seiring bertambahnya waktu fermentasi. Gas CO₂ hasil proses fermentasi alkohol tersebut menyebabkan terhambatnya aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* sehingga kadar alkohol yang didapatkan menurun. Menurut Sari et al (dalam Azizah dkk, 2012), fermentasi yang dilakukan selama lebih dari tiga hari justru dapat membuat kadar alkohol yang didapatkan berkurang. Pengurangan kadar alkohol tersebut disebabkan karena alkohol yang didapatkan terkonversi menjadi senyawa lain seperti ester misalnya.

d. Nutrient

Semua proses yang dimediasi mikroba membutuhkan nutrisi dan trace elemen selama stabilisasi. Nutrisi dan logam trace adalah komponen penting dari sel

mikroba yang berfungsi dalam menunjang pertumbuhan sel mikroba, sintesis sel baru serta menyediakan kondisi fisikokimia yang cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme yang optimal (Khanal Samir, 2008).

2.5.4 Distilasi

Distilasi adalah metode yang umum digunakan untuk memurnikan cairan dan memisahkan campuran cairan menjadi komponen-komponen masing-masing. Distilasi merupakan metode untuk memisahkan dua cairan menggunakan titik didihnya yang berbeda. Untuk memisahkan campuran cairan yang memiliki titik didih yang berbeda cairan dipanaskan untuk memaksa komponennya menjadi bentuk gas kemudian dikondensasikan kembali menjadi bentuk cair dan dikumpulkan (Kumar, Virendra dkk, 2014)

2.6 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.2 Penelitian-penelitian terdahulu mengenai fermentasi bahan berpati yang dihidrolisis menggunakan asam sulfat dengan waktu fermentasi berbeda-beda:

Peneliti (Tahun)	Penelitian	Hasil
Neville, Briand & Saman Hashemi	<p>Judul Penelitian : The Effect of pH on Yeast (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) Alcohol Production in Beer</p> <p>Bahan : dry malt</p> <p>Kondisi Operasi : Larutan buffer (pH 3,5,6 dan 8) dan waktu fermentasi t=14 hari</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Optimal pH=5 • ABW pada pH 5 sebesar 4.370% ± 0.026%
Chavan, Ram dkk, 2015	<p>Judul Penelitian : Optimization of Acid Hydrolysis Process for Free Glucose Recovery From Starch</p> <p>Bahan : Pati</p> <p>Metode: Hidrolisis asam (HCl dan H₂SO₄ 1-5%)</p> <p>Metode optimasi: <i>Cold acid treatment, Hot acid treatment, Acid hydrolysis in</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acid hydrolysis in combination to moist heat under pressure (Autoclave) treatment dengan H₂SO₄ 1% lebih efisien dibandingkan HCl 1%

Peneliti (Tahun)	Penelitian	Hasil
	<i>combination to moist heat under pressure (Autoclave) treatment</i>	
Sritrakul, Nipat dkk, 2017	<p>Judul Penelitian : Evaluation of dilute acid pretreatment for bioethanol fermentation from sugarcane bagasse pith</p> <p>Bahan : <i>sugarcane bagasse pith</i></p> <p>Metode : Hidrolisis asam (H_2SO_4 1-4% (v/v)), T= 121°; t=30,60, dan 90 min)</p>	<ul style="list-style-type: none"> total maksimal yield gula (53.7g/100g dry <i>bagasse pith</i>) didapatkan dengan penambahan H_2SO_4 2%, t = 90 min
Wangpor, Jinnapat dkk. 2015	<p>Judul Penelitian : Bioethanol production from cassava starch by enzymatic hydrolysis, fermentation and ex-situ nanofiltration</p> <p>Bahan : Pati singkong 30% (w/v), enzim α-amilase & glukoamilase</p> <p>Metode : Hidrolis enzimatis</p>	<ul style="list-style-type: none"> Kondisi optimal: Liquifikasi = 0.9 mg/g α-amilase, 85 °C & 180min. Sakarifikasi= 1.5 mg/g glukoamilase, 60 °C & 90 min. Yield etanol = 0,44 dan efisiensi fermentasi 85.4 %.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode dan Lokasi Penelitian

Penelitian **Studi Kondisi Hidrolisis Tepung Tapioka Dan Waktu Fermentasi Terhadap Yield Etanol Yang Dihasilkan** ini dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan variabel-variabel yang telah ditentukan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bioproses, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Brawijaya selama bulan Januari-Maret 2019.

3.2. Variabel Penelitian

Berikut merupakan variabel tetap dan variabel bebas yang digunakan dalam penelitian:

3.2.1. Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Kondisi hidrolisis (121°C selama 15 menit)
2. pH awal fermentasi diatur sebesar 5,0
3. Tepung tapioka yang digunakan adalah tepung tapioka merk *Rose Brand*
4. Fermentasi dilakukan dalam inkubator

3.2.2. Variabel Bebas

1. Lama waktu fermentasi adalah 24 atau 48
2. Asam yang digunakan untuk hidrolisis tepung tapioka adalah H₂SO₄ dengan konsentrasi 0%; 0,5%; 1%, dan 2% (w/w)
3. Hidrolisis dilakukan dalam autoklaf dengan kondisi (121°C selama 15 menit)
4. pH awal fermentasi diatur sebesar 5,0
5. Massa tepung tapioka yang digunakan adalah sebanyak 30 gram
6. Konsistensi tepung tapioka yang digunakan adalah sebesar 30%
7. Fermentasi dilakukan dalam inkubator secara anaerob

3.3. Bahan dan Alat

3.3.1 Bahan

Berbagai bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain, tepung tapioka, yeast *S. cerevisiae*, PDB instan, akuades, asam sulfat, ZA, NPK,

3.3.2 Alat

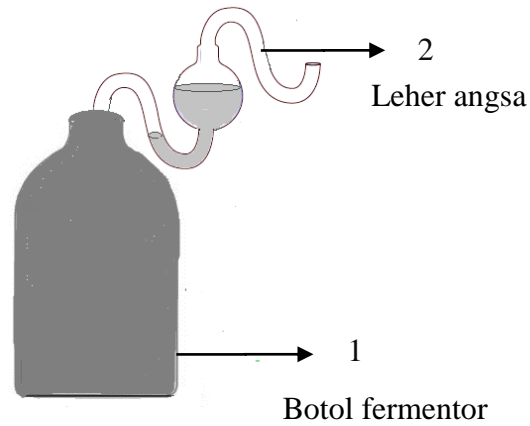
Tabel 3.1 Daftar Alat yang digunakan dalam penelitian dan kegunaannya

No	Alat Penelitian	Fungsi
1.	Satu set alat distilasi	Untuk proses distilasi etanol hasil fermentasi
2.	Heating mantel merk Favorite-MTOPS	Media pemanas ketika proses distilasi
3.	Neraca analitik merk Kern	Menimbang bahan atau substrat
5.	Lemari Asam merk ESCO	Tempat kerja proses pengambilan dan pengenceran larutan asam
6.	<i>Hot Plate & Magnetic stirrer</i> merk Cimarec	Sebagai pemanas dalam pembuatan media PDB
7.	Atoclave merk Hiclave HVE-50	Sterilisasi media PDB, hidrolisis tepung tapioka
8.	Inkubator merk Memmert	Tempat pengembangbiakan kultur <i>S.cerevisiae</i> pada media PDB
9.	<i>Shaker</i> merk IKA	Proses <i>mixing</i> kultur <i>S.cerevisiae</i> pada media PDB
10.	Cawan petri	Wadah untuk meletakkan bahan untuk proses perhitungan massa
11.	Gelas ukur	Wadah untuk mengukur volume bahan/hasil
12.	Jarum Ose	Menginokulasikan <i>S.cerevisiae</i> dari indukan ke media baru
13.	Bunsen Burner	Sterilisasi area kerja inokulasi <i>S.cerevisiae</i>
16.	Termometer	Mengukur suhu uap distilat
17.	Piknometer	Mengukur massa ditilat
18.	<i>Brix refraktometer ethil alcohol</i>	Mengukur kadar etanol distilat

3.4. Rangkaian Alat

3.4.1. Rangkaian Alat Fermentasi

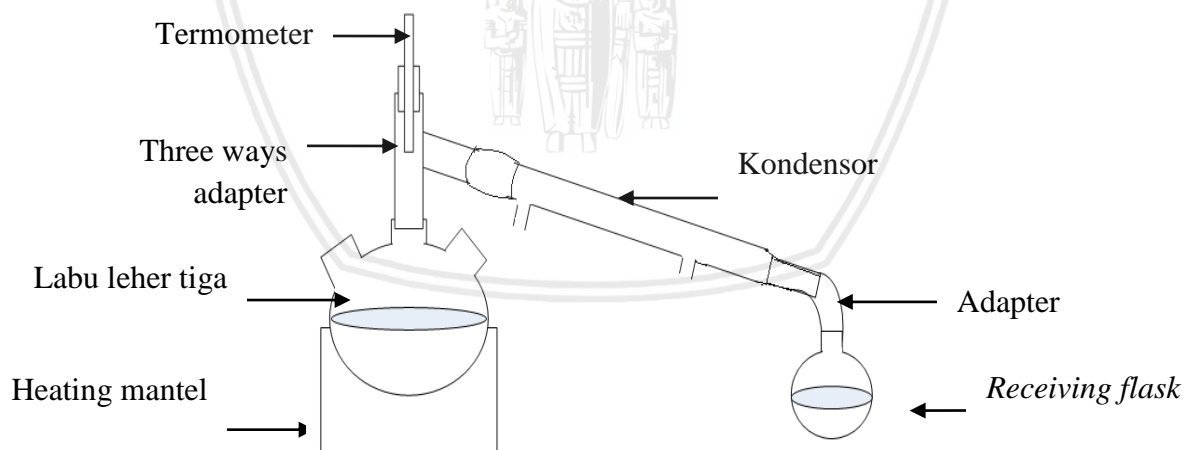
Fermentasi tepung tapioka menggunakan botol fermentor yang dikondisikan secara anaerob. Pada bagian atas botol fermentor tersebut ditutup dan disambungkan dengan leher angsa yang telah diisi dengan air guna mencegah aliran udara masuk maupun keluar botol fermentor. Proses fermentasi dilakukan pada fermentor selama 24 atau 48 jam. Botol fermentor tersebut kemudian diletakkan pada inkubator selama fermentasi berlangsung. Berikut merupakan rangkaian alat fermentasi yang digunakan pada penelitian ini:



Gambar 3.1. Rangkaian Alat Fermentasi

3.4.2. Rangkaian Alat Distilasi

Pada proses distilasi pemisahan etanol-air, bahan dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang dipanaskan dengan menggunakan heating mantel. Labu leher tiga dihubungkan dengan termometer pada bagian atas juga dengan kondensor pada bagian samping. Distilat yang terkondensasi kemudian akan mengalir ke dalam receiving flask yang disambungkan dengan adaptor. Berikut merupakan Desain rangkaian alat distilasi yang digunakan pada penelitian:



Gambar 3.2. Rangkaian Alat Distilasi

3.5 Tahap Pelaksanaan Penelitian dan Analisa Data

3.5.1 Proses Persiapan Starter

Dalam persiapan starter, langkah awal yang dilakukan adalah melarutkan *Potato Dextrose Broth* (PDB) instan sebanyak 24 gram dengan aquades sebanyak 1000 mL lalu dipanaskan dan diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga mendidih. PDB tersebut selanjutnya disterilisasi dengan menggunakan *autoclave* selama 15 menit pada temperatur 121°C kemudian didinginkan hingga temperatur 25-30°C. Baker yeast sebanyak 6% (w/w) selanjutnya diinokulasikan ke dalam PDB tersebut dan diinkubasi dalam inkubator pada suhu 30-35°C selama 24 jam.

3.5.2 Proses Hidrolisis Tepung Tapioka

Sebanyak 30 gram tepung tapioka merk *Rose Brand* dilarutkan kedalam 100mL larutan asam sulfat dengan kadar 0%, 0,5%, 1%, dan 2% (w/w) kemudian dipanaskan pada *hotplate* serta diaduk menggunakan magnetik stirrer selama 30 menit pada temperatur 61-70 °C. Hidrolisat yang sudah terbentuk tersebut selanjutnya bungkus rapat dengan aluminium foil lalu dimasukkan kedalam *autoclave* untuk proses hidrolisis. Hidrolisis dilakukan dengan suhu 121°C selama 15 menit.

3.5.3 Proses Fermentasi Tepung Tapioka

Hidrolisat tepung tapioka setelah melalui proses hidrolisis selanjutnya didinginkan hingga suhunya mencapai 27-30°C. Kemudian hidrolisat dineutrasisir dengan larutan NaOH 0,1M hingga pH-nya mencapai 5,0. Hidrolisat tersebut lalu ditambahkan starter yang sudah diinokulasikan selama kurun waktu 24 jam untuk kemudian dimasukkan ke dalam botol fermentor steril. Untuk mencegah adanya udara masuk atau keluar selama proses fermentasi, botol fermentor dihubungkan dengan leher angsa yang telah diisi dengan air (atau dapat juga menggunakan air kapur) lalu masukkan dalam inkubator. Masing-masing proses fermentasi berlangsung selama 24 jam dan 48 jam secara anaerob dengan suhu fermentasi yang dikontrol sebesar 30-35°C.

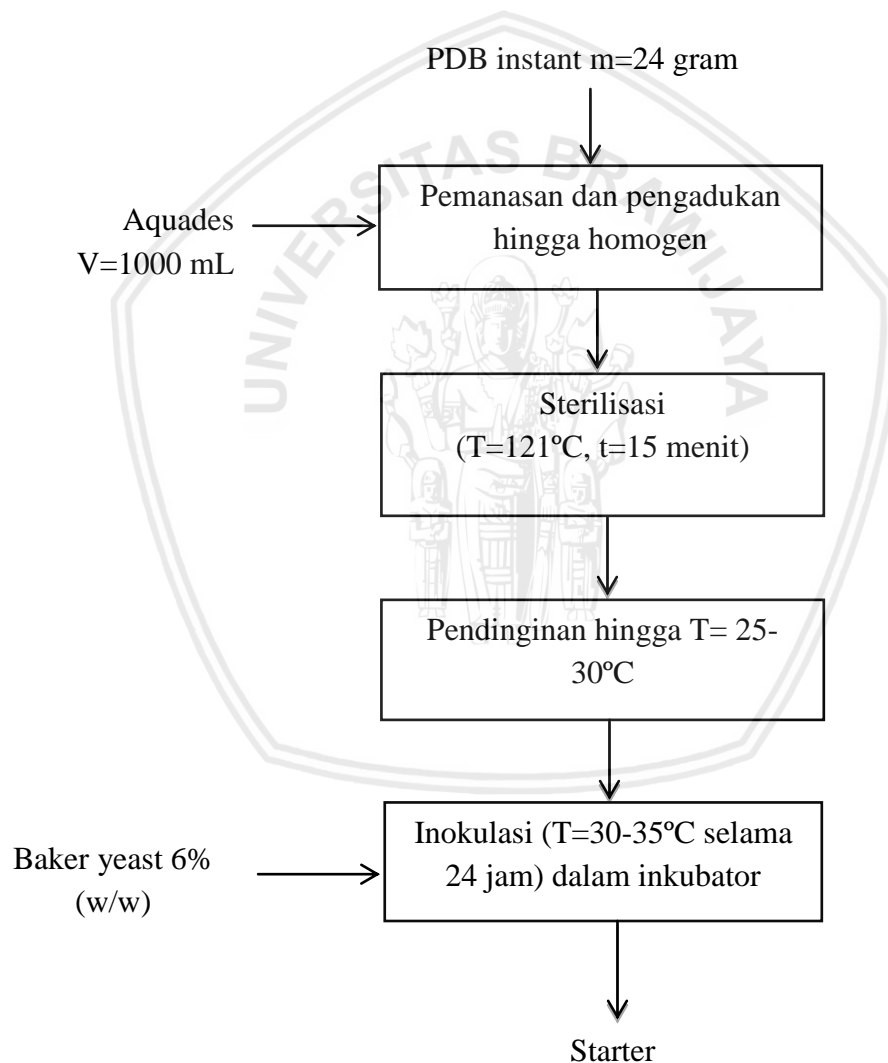
3.5.4 Proses Distilasi

Hasil fermentasi selanjutnya didistilasi pada suhu ± 78 °C menggunakan heating mantel yang disambungkan dengan kondensor untuk memisahkan etanol dengan air.

3.6 Diagram Alir Penelitian

3.6.1 Proses Pembuatan Starter

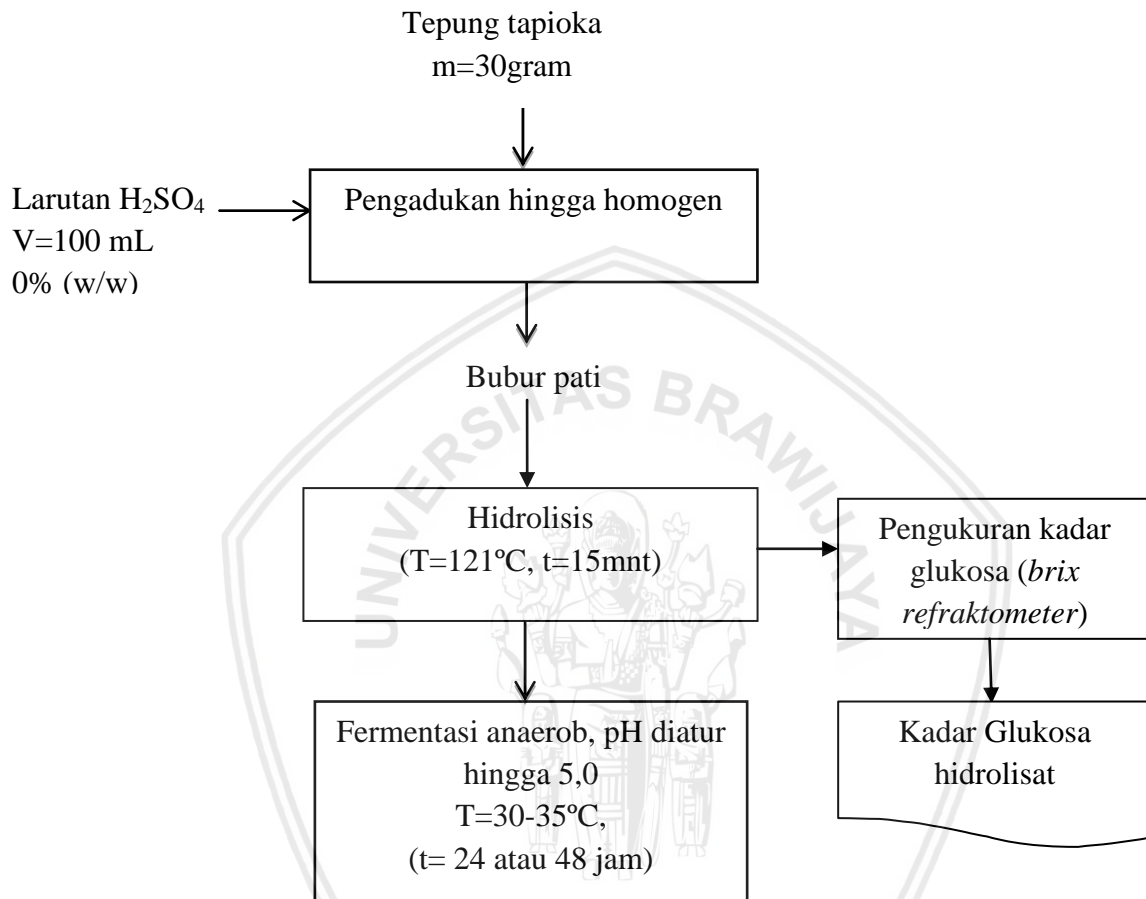
Berikut merupakan diagram alir proses pembuatan starter *Saccharomyces cerevisiae* pada media *Potato Dextrose Broth* (PDB):



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pembuatan Starter *S.cerevisiae*

3.6.2 Proses Hidrolisis dan Fermentasi Tepung Tapioka

Berikut merupakan diagram alir rangkaian proses hidrolisis dan fermentasi tepung tapioka:



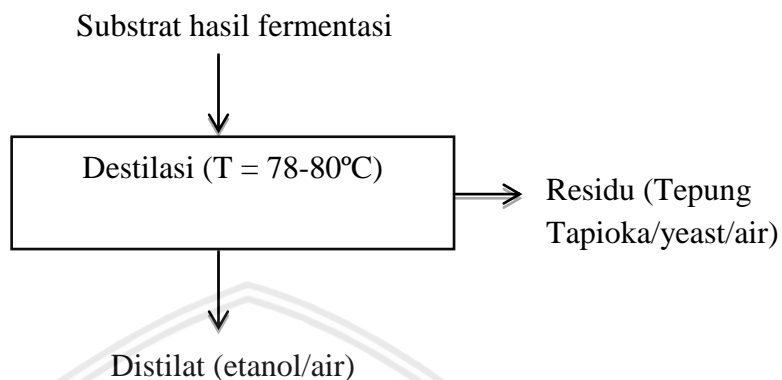
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Hidrolisis dan Fermentasi Tepung Tapioka

Keterangan :

*Proses hidrolisis tepung tapioka diulangi dengan penambahan asam sulfat konsentrasi 0,5%; 1%; 2% (w/w)

3.6.3 Proses Distilasi Etanol

Berikut merupakan diagram alir proses distilasi:

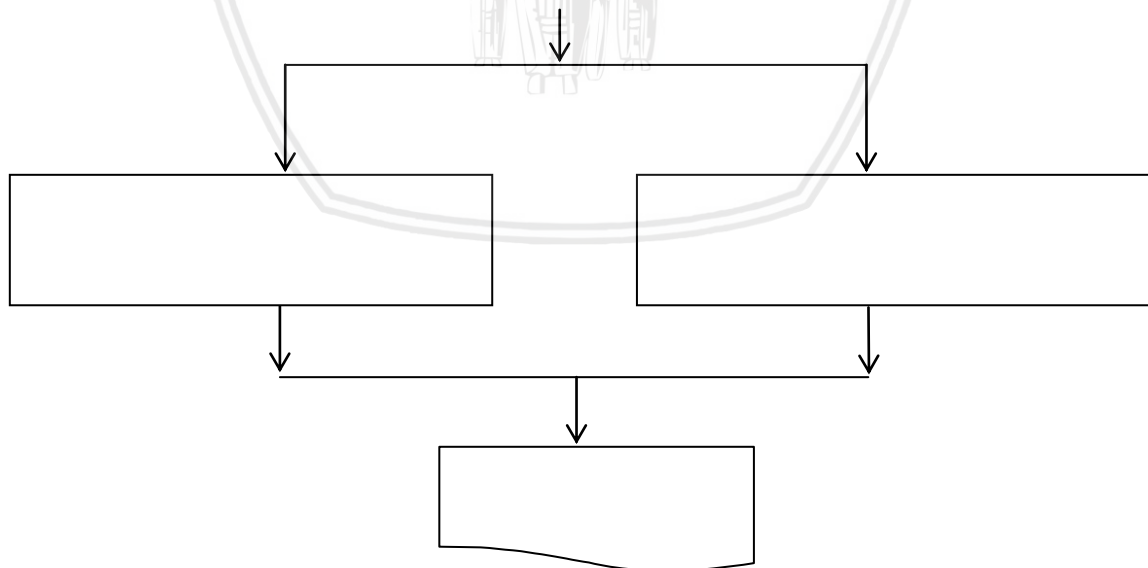


Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Distilasi Etanol

3.7 Metode Analisa

3.7.1 Metode Analisa Yield Etanol Dari Fermentasi Tepung Tapioka

Berikut merupakan diagram alir analisa yield etanol yang dihasilkan:



Gambar 3.6 Diagram Alir Metode Analisa Yield Etanol



Halaman ini sengaja dikosongkan

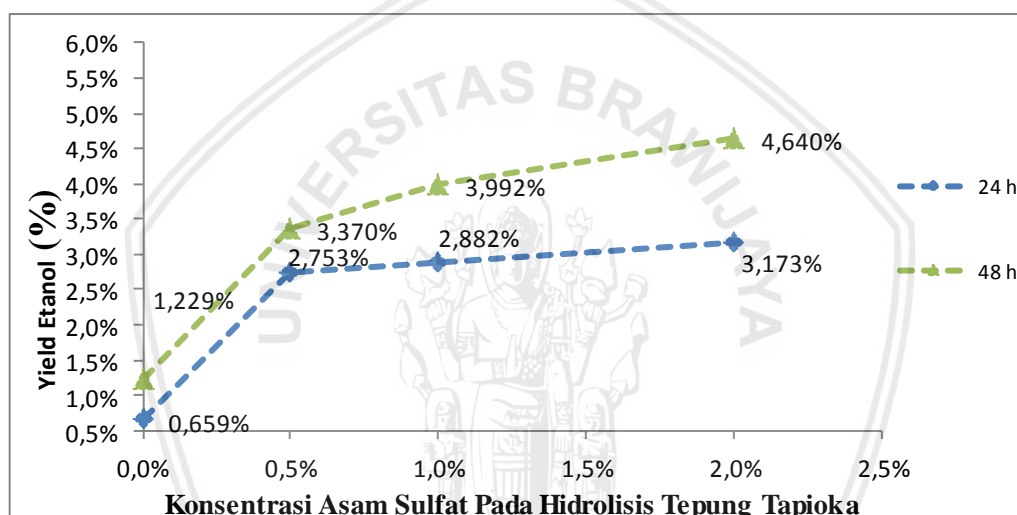
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Penambahan H_2SO_4 dan Waktu Fermentasi Tepung Terhadap Yield Etanol yang Dihasilkan

4.1.1 Pengaruh Penambahan H_2SO_4 Terhadap Fermentasi Tepung Tapioka

Pengaruh penambahan asam sulfat dan lama waktu fermentasi pada proses pembuatan etanol dari tepung tapioka dapat ditunjukkan pada **Gambar 4.1** dibawah ini:

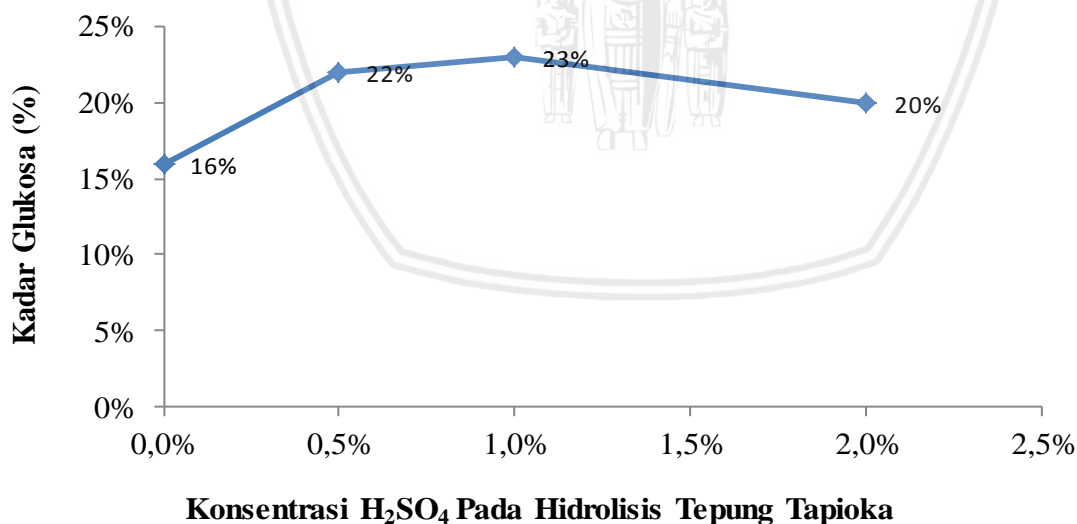


Gambar 4.1 Yield Etanol pada Berbagai Penambahan Konsentrasi H_2SO_4 dan Waktu Fermentasi

Berdasarkan hasil pengamatan seperti yang terlihat **Gambar 4.1** dapat diketahui bahwa grafik yield etanol semakin naik dengan semakin besar konsentrasi H_2SO_4 yang ditambahkan pada proses hidrolisis tepung tapioka. Yield etanol tertinggi dihasilkan dengan penambahan konsentrasi H_2SO_4 2% dan yield etanol terendah dihasilkan dengan penambahan konsentrasi H_2SO_4 0%. Menurut Jones, J.L (dalam González-Hernández dkk, 2012), secara umum hidrolisis asam bergantung pada konsentrasi ion hidrogen (H^+). Semakin besar H_2SO_4 yang ditambahkan maka akan semakin tinggi konversi yang dihasilkan, tetapi perlu mempertimbangkan interval antara konsentrasi dan suhu asam untuk mengurangi dekomposisi produk. Ketika larutan asam konsentrasi tinggi dikondisikan pada suhu rendah maka akan menghasilkan yield yang tinggi (sekitar 90% untuk glukosa), tetapi konsentrasi asam tinggi tersebut menyebabkan masalah yang

berkaitan dengan korosi peralatan (Keller, F.A, 1996). Asam sulfat pada hidrolisis pati berfungsi sebagai katalisator. Hal ini karena asam dapat dipisahkan dari campurannya dengan penambahan alkali seperti kalsium, sehingga dapat diendapkan dalam bentuk kalsium sulfat (Purwitasari, 2004).

Penambahan konsentrasi H_2SO_4 sebesar 0,5-2,0% sebagai media hidrolisis dapat dikategorikan sebagai proses dilute acid hydrolysis menurut Youn Hoon Jung & Kyoung Heon Kim (2015) dimana interval hidrolisis asam sulfat encer (*dilute acid hydrolysis*) adalah 0,5-5,0%. Tujuan utama dari penambahan H_2SO_4 dalam pembuatan etanol dari tepung tapioka adalah untuk menghidrolisis tepung tapioka menjadi gula sederhana yang nantinya diproses lebih lanjut oleh mikroba sehingga menjadi etanol. Proses hidrolisis merupakan proses pemecahan rantai polisakarida menjadi monosakarida. Semakin banyak tepung tapioka yang terhidrolisis maka semakin besar gula yang dapat terkonversi menjadi glukosa. Konversi tepung tapioka yang dapat diubah menjadi glukosa adalah sebesar 93,5% (Johnson, 2013) dan konversi glukosa yang dapat diubah menjadi etanol adalah sebesar 90% (maks. 92%) (Graeme M, 2010).



Gambar 4.2 Kadar Glukosa Hasil Hidrolisis Tepung Tapioka

Berdasarkan gambar diatas, pada penambahan H_2SO_4 sebesar 0,5% dan 1,0% tidak terjadi perubahan signifikan. Hal ini dimungkinkan karena dengan penambahan

H₂SO₄ sebesar 0,5%, kadar glukosa yang dihasilkan adalah sebesar 22% dan pada penambahan H₂SO₄ sebesar 1,0%, kadar glukosa yang dihasilkan adalah sebesar 23%. Selain itu, pengukuran hidrolisat menggunakan brix refraktometer glukosa secara spesifik hanya dapat mengukur kadar glukosa, padahal hidrolisis pati menggunakan asam tidak hanya mampu mengubah pati menjadi glukosa namun juga jenis gula selain glukosa seperti fruktosa dan sukrosa. Dengan penggunaan brix refraktometer glukosa, gula seperti fruktosa dan sukrosa tidak dapat diukur. Maksimal glukosa awal untuk proses fermentasi etanol yang baik menurut Mathew, dkk (2015) adalah sebesar 180 g/L. Dari penelitian ini, glukosa yang didapatkan setelah proses hidrolisis adalah sebesar 120 g/100mL, sehingga dapat dikatakan bahwa dengan glukosa tersebut proses pembuatan etanol masih dapat dilakukan dan yeast tidak teracuni. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pada penambahan H₂SO₄ fermentasi 0,5% dan 1,0% didapatkan perbedaan yield etanol yang kurang signifikan. Dengan hasil penelitian yang telah didapatkan, maka hal tersebut sesuai dengan teori bahwa dengan semakin besar konsentrasi asam maka semakin besar karbohidrat rantai panjang yang dapat di-depolimerisasi menjadi unit monosakarida yang dapat meningkatkan yield etanol yang didapatkan.

4.1.2 Pengaruh Waktu Fermentasi

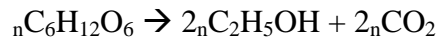
Berdasarkan **Gambar 4.1** menunjukkan bahwa yield yang dihasilkan dengan waktu fermentasi yang lebih lama (48 jam) lebih besar jika dibandingkan dengan lama waktu fermentasi yang lebih sedikit (24 jam) dengan penambahan konsentrasi asam sulfat yang sama. Yield tertinggi yaitu sebesar 4,640% didapatkan pada waktu fermentasi selama 48 jam dengan penambahan konsentrasi asam sulfat sebanyak 2%. Sedangkan yield terendah yaitu sebesar 0,659% didapatkan pada waktu fermentasi selama 24 jam dengan penambahan konsentrasi asam sulfat sebanyak 0%. Pada waktu fermentasi selama 48 jam, rata-rata kenaikan yield etanol yang dihasilkan adalah sebesar 0,853%, sedangkan pada waktu fermentasi selama 24 jam rata-rata kenaikan yield etanol yang dihasilkan adalah sebesar 0,628%.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sari dkk (dalam azizah dkk 2012), fermentasi yang dilakukan selama lebih dari tiga hari justru dapat membuat kadar alkohol yang dihasilkan berkurang. Hal ini terjadi karena dimungkinkan bahwa dengan lama waktu fermentasi tersebut terdapat akumulasi gas karbondioksida (CO₂) hasil dari reaksi fermentasi yang dapat menghambat aktivitas dari *Saccharomyces cerevisiae* sehingga menyebabkan kadar alkoholnya menurun. Selain itu, tidak adanya penurunan yield etanol

pada waktu fermentasi 24 atau 48 jam dimungkinkan karena konsentrasi etanol yang dihasilkan masih dibawah batas toksisitas etanol terhadap *Saccharomyces cerevisiae*.



atau



Menurut You Man Kyung dkk (2003), *Saccharomyces cerevisiae* akan teracuni saat yield etanol yang dihasilkan mencapai 5%. Etanol merupakan inhibitor dalam pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Etanol pada konsentrasi rendah dapat menghambat pembelahan sel, mengurangi volume dan laju pertumbuhan spesifik sel. Sedangkan pada konsentrasi etanol yang tinggi, etanol dapat menyebabkan berkurangnya daya tahan sel dan meningkatkan kematian sel (Birch dan Walker dalam Stanley dkk, 2010). Dari hasil penelitian yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa dimungkinkan gas karbondioksida (CO_2) dan etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi tepung tapioka selama 24 atau 48 jam, tidak menghambat pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* sehingga tidak terjadi penurunan yield etanol.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Penambahan larutan H_2SO_4 sebagai media hidrolisis tepung tapioka sangat diperlukan
2. Kadar H_2SO_4 yang efektif digunakan pada fermentasi tepung tapioka untuk menghasilkan yield etanol adalah sebesar 2%
3. Lama waktu fermentasi yang efektif digunakan pada fermentasi tepung tapioka untuk menghasilkan yield etanol adalah selama 48 jam
4. Rata-rata kenaikan yield etanol sebesar 0,853% pada waktu fermentasi selama 48 jam dan 0,628% pada selama 24 jam

1.

5.2. Saran

1. Perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai konsentrasi asam sulfat yang ditambahkan ($> 2\%$ w/w) sebagai media hidrolisis tepung tapioka terhadap yield etanol yang dihasilkan
2. Perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai lama waktu fermentasi tepung tapioka (> 48 jam) terhadap yield etanol yang dihasilkan
3. Perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai kondisi operasi pada proses pembuatan etanol berbahan tepung tapioka misalnya suhu hidrolisis, lama waktu hidrolisis, penggunaan enzim, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

Azhar, Minda. 2016. *Biomolekul Sel: Karbohidrat, Protein, dan Enzim*. Padang: UNP Press

Azizah dkk. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas Pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, Vo.1 No.2, hal.72-77

Bajpai, Pratima. 2013. *Advances in Bioethanol*. India: Thapar Centre for Industrial Research and Development

Berski, dkk. 2011. Pasting and Rheological Properties of oat Starch and Its's Derivatives. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 83 (2), hal.665-671

Boulton, Chris & David Quain. 2001. *Brewing Yeast and Fermentation*. USA: Blackwell Publishing

Budiarti dkk. 2016. Studi Konversi Pati Ubi Kayu (Cassava Starch) menjadi Glukosa secara Enzimatik. *Chemica*, Vol.3 (1), hal. 7-16

Cantarella. 2004. *Effect of Inhibitors released during stem-explosion treatment of oplar wood on subsequent enzymatic hydrolysis and SSF*.

Chavan, Ray dkk. 2015. *Optimization of Acid Hydrolysis Process for Free Glucose Recovery From Starch*. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol. 2, hal. 55-58

Cardona, C.A & Sanchez, O.J. 2007. Fuel Ethanol. Production: Process Design Trends and Intergration Opportunities. *Biosource Technol.* 98, hal. 2415-2457

Costello R dan Chum H. 1998. Biomass, bioenergi dan manajemen karbon. Washington: *Bioenergy '98: Expanding Bioenergy Partnership*, 24: hal. 214-221

Coulter, T.P. 2009. *Food: The Chemistry of its Components 5th Edition*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry

Euis Hermiati, dkk. 2011. *Hydrolysis Of Carbohydrates In Cassava Pulp And Tapioca Flour Under Microwave Irradiation*. *Bogor: Indo. J. Chem*, 11 (3), 238 - 245

González-Hernández, Juan Carlos dkk.2012. Chemical Hydrolysis of the Polysaccharides of the Tamarind Seed. *J. Mex. México: Chem. Soc.* 56(4), hal. 395-401

Gozan, Misri. 2014. *Teknologi Bioetanol Generasi-Kedua*. Jakarta: Airwlangga

Hay Mar Soe and Soe Soe Than. 2011. Observation on the Yield of Reducing Sugar from Rice for the Preparation of Bioethanol by Acid Hydrolysis. *Universities Research Journal*, Vol.4, No.3,

Jacques, K.A dkk. 2003. *The Alcohol Textbook* (4th Ed). London: Nottingham University Press.

Jhonson,dkk. 2013. *Comparative studies on the production of glucose and high fruktose syrup from tuber starches*. India: International Research Journal off Biological Sciences. Vol. 2 (10), hal. 68-75

Kerk, R.E & Othmer D.E. 1967. *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: The Interscience Encyclopedia Inc.

Kerk, R.E & Othmer D.E. 1969. *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: The Interscience Encyclopedia Inc.

Kuila, Arinda & Vinay Sharma. 2018. *Principles and Applications of Fermentation Technology*. USA: Scrivener Publishing

Kumar, Virendra dkk. 2014. *Bioconversion of Lignocellulosic Biomass for Bioethanol Production*. *Biofuels Production*, hal. 85–118

Lima M & Alexandra P. 2012. *Bioethanol*. Croatia: InTech.

Mathew, dkk. 2015. *Fermentation of Glucose using Saccharomyces cerevisiae*. *Sci Rep*. 5

Olsson, L dkk. 1996. *Fermentation Of Lignosellulose Hyrolysates For Ethanol Production*. *Enzyme Microb Technol*, 18 (5) hal.312-331

Pandey,dkk. 2000. *Bioresource*. *Technology*, 74, hal. 81–87

Perry H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook* 7th edition. London: McGraw-Hill.

Prihandana, Rama dkk. 2011. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agro Media Pustaka

Risnoyatiningsih. 2011. *Hydrolysis of Starch Saccharides from Sweet Potatoes Using Enzyme*. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(4), pp.417–424.

Robati R. and Vazirzadeh1 M. 2013. *Investigation of bioethanol production from waste potatoes*. *Annals of Biological Research*. Vol.1, hal (104-106)

Samsuri dkk. 2004. *Effect of fungal treatment on baggase fot ethanol and chemical production*. Bali: Indoensia Proceeding of the 6th Intern Wood Science Symposium, hal. 288-294.

- Samsuri dkk. 2007a. Pemanfaatan Hemiselulosa Bagas Untuk Produksi Etanol Dari Bagas Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serempak dengan enzim xylanase. Jakarta: Makara seri teknologi, 11 (17-24)
- Sari,dkk. 2008. Pemanfaatan Jerami Padi Dan Alang---Alang Dalam Fermentasi Etanol Menggunakan Kapang *Trichoderma viride* dan Khamir *Saccharomycess cerevisiae*.Vis Vitalis. 5(2): 55-62.
- Shamir, Khanal K. 2008. *Anaerobic Bioetchnology for Bioenergy Production: Principles and Applications*. USA: Blackwell Publishing.
- Smith, E. John. 2009. *Biotechnology (5th Ed)*. New York: Cambridge University Press.
- Sriratkul, Nipat dkk. 2017. *Evaluation Of Dilute Acid Pretreatment For Bioethanol Fermentation From Sugarcane Bagasse Pith*. Agriculture and Natural Resources, (51) hal. 512-519
- Sun, Y. and Cheng, J. 2002. *Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A Review*. USA: Bioresource Technology, hal. 1–11
- Suprihatin. 2010. *Teknologi Fermentasi*. Surabaya: UNESA Press
- Surtrisno, Koeswara. 2009. *Teknologi Modifikasi Pati*. Semarang: EbookPangan
- Taherzadeh M.J dkk. 2007. Acid-based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials. J Bioresources: Vol.2, hal. 472-499
- Walker, Graeme M. 2010. *Bioethanol: Science And Technology Of Fuel Alcohol*. Graeme M. Walker & Ventus Publishing.
- Wangpor, Jinnaphat dkk. 2017. *Bioethanol Production From Cassava Starch By Enzymatic Hydrolysis, Fermentation And Ex-Situ Nanofiltration*. Thailand: International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies. Hal. 883-888
- Wondale M. 2012. *Ethanol Production From Selected Fruit Peel Waste (Orange, Mango And Banana)*. Addis Ababa Institute of Technology, School of Graduate Studies, Department of Chemical Engineering
- Woiciechowski *et al.* 2002. *Acid and Enzymatic Hydrolysis to Recover Reducing Sugars from Cassava Bagasse: an Economic Study*. Barzi: Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol.45(3), hal 393-40
- Young Hoon Jung & Kyoung Heon Kim. 2015. *Acidic Pretreatment*. Kyoung Heon Kim. Korea: Department of Biotechnology Korea University



Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

A. Tabel Perhitungan Kadar Etanol yang dihasilkan dari Fermentasi Tepung Tapioka (%)

Conc. H ₂ SO ₄	Time	Destilate Mass (gr)	Density gr/mL	Bp(⁰ C)	% Ethanol (w/w)	
					*Density	*Refract
2,0%	48 h	4,7185	0,9437	79	35,065%	29,5%
	24 h	4,8811	0,97622	80	20,449%	19,5%
1,0%	48 h	4,7898	0,95796	80	26,853%	25%
	24 h	4,9401	0,98802	80	17,221%	17,5%
0,5%	48 h	4,8149	0,96298	80	23,490%	21%
	24 h	4,8587	0,97174	80	17,053%	17,0%
0,0%	48 h	4,917	0,9834	84	8,662%	7,5%
	24 h	4,9419	0,98838	87	5,032%	4,0%

B. Tabel Perhitungan Yield Etanol yang dihasilkan dari Fermentasi Tepung Tapioka (%)

Conc. H ₂ SO ₄	Time	Ethanol Yield (%)	
		by Refract	by Density
2%	48 h	4,640%	5,515%
	24 h	3,173%	3,327%
1%	48 h	3,370%	3,770%
	24 h	2,882%	2,836%
0,5%	48 h	3,992%	4,287%
	24 h	2,753%	2,762%
0%	48 h	1,229%	1,420%
	24 h	0,659%	0,829%

C. Perhitungan Etanol Teoritis

Massa Tepung tapioka yang digunakan = 30 gram

Volume larutan yang digunakan = 100 mL

- Ket: Konversi tepung tapioka yang dapat diubah menjadi glukosa adalah sebesar 93,5% (Sumber: Johnson, 2013)
- Konversi glukosa yang dapat diubah menjadi etanol adalah sebesar 90% (maks. 92%) (Sumber: Walker, Graeme M, 2010)

Sehingga, glukosa yang dihasilkan,

Glukosa (gram/100mL lar) = 30 gram tepung tapioka x konversi tepung tapioka

Glukosa (gram/100mL lar) = 30 gram x 93,5%

Glukosa = 28,05 gram/100mL larutan

Etanol teoritis (C₂H₅OH) yang dihasilkan,

C₂H₅OH teoritis = Glukosa x konversi glukosa → etanol

C₂H₅OH teoritis = 28,05 gram/100mL larutan x 90%

C_2H_5OH teoritis = 12,90 gram/100mL larutan

D. Perhitungan Kebutuhan Asam Sulfat

Densitas aquades = 1 gr/mL

Massa Aquades = 100 gram

Kadar H_2SO_4 = 98%

Densitas H_2SO_4 = 1,84 gr/mL

x = Massa total

Massa tepung tapioka = 30 gram

- Asam sulfat (H_2SO_4) 1% (w/w)

Massa Total = massa tepung tapioka + massa aquades + 0,01x

x = 30 gram + 100 gram + 0,01x

X - 0,01x = 130 gram

0,99x = 130 gram

x = 131,313 gram

massa H_2SO_4 1% (w/w) = 131,313 gram X (0,01x)

massa H_2SO_4 1% (w/w) = 1,313 gram

E. Perhitungan Yield Etanol

Perhitungan Yield etanol berdasarkan % dari hasil fermentasi tepung tapioka dengan hidrolisis H_2SO_4 kadar 2% (w/w) dan waktu fermentasi selama 48 jam

- Berdasarkan kadar etanol yang terbaca pada refraktometer

Kadar etanol distilat (% w/w) = 29,5%

Massa Distilat = 4,7185 gram

Massa tepung tapioka = 30 gram

$$\text{Yield Etanol} = \frac{\text{kadar etanol distilat}(\%) \times \text{massa distilat (gr)}}{\text{massa tepung tapioka (gr)}} \times 100\%$$

$$\text{Yield etanol} = \frac{4,7185 \text{ gr} \times 29,5\%}{30 \text{ gr}} \times 100\% = 4,640\%$$

F. Tabel Perhitungan Densitas Etanol yang Dihasilkan dari Fermentasi Tepung Tapioka

Conc. H ₂ SO ₄	Time	Destilate+Pic Mass (gr)	Destilate Mass (gr)	Density
2,0%	48 h	19,0154	4,7185	0,9437
	24 h	19,178	4,8811	0,97622
1,0%	48 h	19,1118	4,8149	0,96298
	24 h	19,237	4,9401	0,98802
0,5%	48 h	19,0867	4,7898	0,95796
	24 h	19,1556	4,8587	0,97174
0,0%	48 h	19,2139	4,917	0,9834
	24 h	19,2388	4,9419	0,98838

G. Perhitungan Densitas Destilat

Massa piknometer kosong = 14,2969 gram

Volume destilat = 5 mL

Massa Destilat + Piknometer = 19,0154 gram

$$\text{Densitas destilat} = \frac{\text{Massa destilat (gr)}}{\text{Volume destilat (mL)}}$$

$$\text{Densitas destilat} = \frac{\text{Massa (destilat + Piknometer)} - \text{Massa Piknometer kosong}}{\text{Volume destilat}}$$

$$\text{Densitas destilat} = \frac{19,0154 \text{ gr} - 14,2969 \text{ gr}}{5 \text{ mL}}$$

$$\text{Densitas destilat} = \frac{4,7185 \text{ gr}}{5 \text{ mL}}$$

Densitas destilat = **0,9437 gr/mL**

*Temperatur destilat yang terukur pada *termocouple* adalah sebesar 26°C

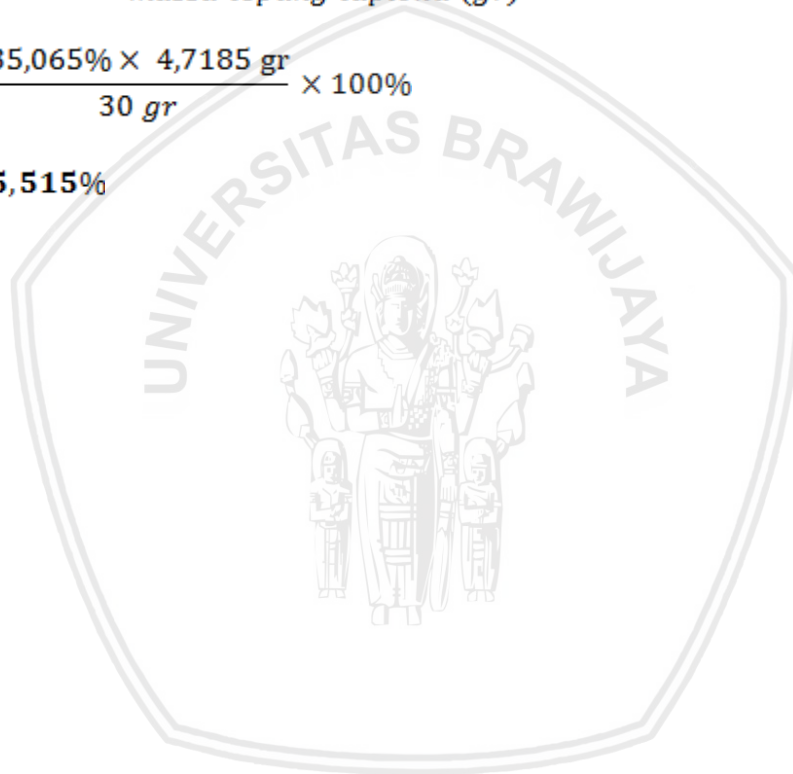
*Dengan interpolasi data densitas dan konsentrasi (% w/w) etanol-air yang didapatkan dari *Perry Chemical Engineers' Handbook Edisi 6 (1984)* didapatkan etanol dalam % (w/w) yaitu sebesar **35,065%**

Yield etanol dengan % (w/w) etanol yang didapat dengan interpolasi data selanjutnya dihitung dengan rumus yang sama:

$$\text{Yield Etanol} = \frac{\text{kadar etanol distilat}(\%) \times \text{massa distilat (gr)}}{\text{massa tepung tapioka (gr)}} \times 100\%$$

$$\text{Yield Etanol} = \frac{35,065\% \times 4,7185 \text{ gr}}{30 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$\text{Yield Etanol} = \mathbf{5,515\%}$$



RIWAYAT HIDUP

Dhinar Novani Adelia lahir di Malang, 19 November 1995 anak dari ayah Nugroho Isriwanto dan ibu Martini. Lulus dari TK Darul Ulum Malang pada tahun 2002, SDN 2 Harjokuncaran pada tahun 2008, SMPN 01 Sumbermanjing Wetan tahun 2011 dan SMAN 1 Turen pada tahun 2013. Lulus program sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2019. Pengalaman kerja pada Praktek Kerja Lapang di PT. Beiersdrof Indonesia di Lawang pada tahun 2018. Pengalaman organisasi yang pernah diikuti antara lain PROBINMABA 2015 Universitas Brawijaya sebagai Kepala Bidang Kesehatan.



