

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI TONGKOL JAGUNG
DENGAN KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Diploma Empat (D-4) Program Studi Teknologi Kimia Industri

Jurusan Teknik Kimia

Politeknik Negeri Ujung Pandang

NAJIB BUSTAN	432 21 023
PATRICIA INGGRIT MANGA	432 21 047

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK KIMIA

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2025

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Tongkol Jagung Kapasitas 18.000 Ton/Tahun” oleh Najib Bustan (432 21 023) telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2025

Telah Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Fajriyati Mas'ud, STP., M.Si.
NIP. 19720628 200812 2 001


Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T.
NIP. 19651005 199303 1 001

Mengetahui,

a.n. Direktur

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Wahyu Budi Utomo., HND., M.Sc.
NIP. 19650320 199202 1 001

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Tongkol Jagung Kapasitas 18.000 Ton/Tahun” oleh Patricia Inggrit Manga (432 21 047) telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2025

Telah Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Fajriyati Mas'ud, STP., M.Si.
NIP. 19720628 200812 2 001


Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T.
NIP. 19651005 199303 1 001

Mengetahui,

a.n. Direktur

Ketua Jurusan Teknik Kimia




Wahyu Budi Utomo., HND., M.Sc.
NIP. 19650320 199202 1 001

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENERIMAAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENERIMAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	11
1.1. Latar Belakang	11
1.2. Tujuan Perancangan Pabrik	13
1.3. Manfaat Perancangan Pabrik	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	15

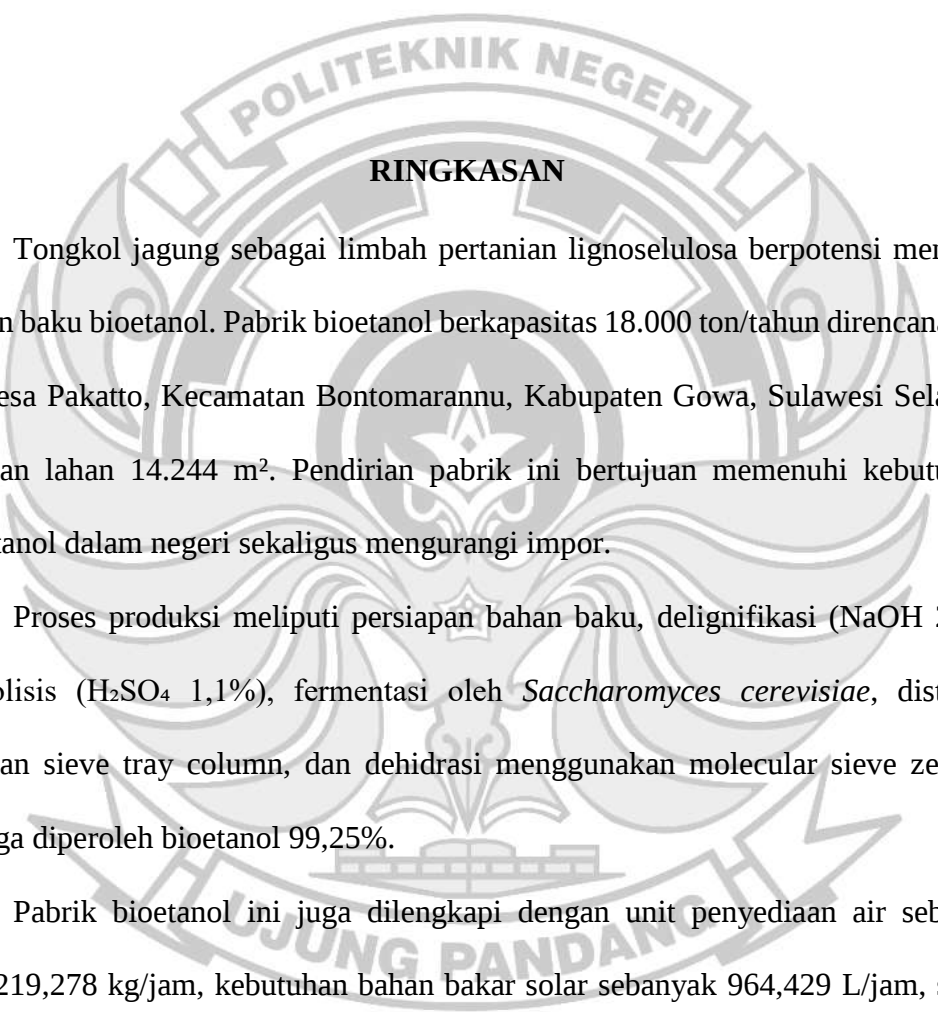
2.1. Tongkol Jagung	15
2.2. Bioetanol	16
2.3. Proses Produksi Bioetanol.....	18
BAB III PENENTUAN KAPASITAS DAN PEMILIHAN LOKASI PABRIK	
.....	Error! Bookmark not defined.
3.1. Kapasitas Perancangan Pabrik.....	Error! Bookmark not defined.
3.2. Penentuan Lokasi Pabrik.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV DESKRIPSI PROSES	
4.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	Error! Bookmark not defined.
4.2. Dasar Pemilihan Proses	Error! Bookmark not defined.
4.3. Konsep Proses	Error! Bookmark not defined.
4.4. Uraian Proses.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V NERACA MASSA & NERACA ENERGI	
	defined.
5.1. Neraca Massa	Error! Bookmark not defined.
5.2. Neraca Energi	Error! Bookmark not defined.
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN PROSES	
6.1. Gudang Bahan Baku.....	Error! Bookmark not defined.
6.2. <i>Belt Conveyor</i>	Error! Bookmark not defined.
6.3. Crusher	Error! Bookmark not defined.
6.4. Bak Pencucian	Error! Bookmark not defined.
6.5. <i>Rotary Dryer</i>	Error! Bookmark not defined.
6.6. <i>Blower</i>	Error! Bookmark not defined.
6.7. <i>Heater I</i>	Error! Bookmark not defined.

6.8. <i>Ball Mil</i>	Error! Bookmark not defined.
6.9. <i>Vibrating Screen</i>	Error! Bookmark not defined.
6.10. <i>Screw Conveyor</i>	Error! Bookmark not defined.
6.11. <i>Tangki Delignifikasi</i>	Error! Bookmark not defined.
6.12. <i>Rotary Drum Vacuum Filter I</i>	Error! Bookmark not defined.
6.13. <i>Reaktor Hidrolisis</i>	Error! Bookmark not defined.
6.14. <i>Cooler I</i>	Error! Bookmark not defined.
6.15. <i>Rotary Drum Vacuum Filter II</i>	Error! Bookmark not defined.
6.16. <i>Tangki Penampungan</i>	Error! Bookmark not defined.
6.17. <i>Fermentor</i>	Error! Bookmark not defined.
6.18. <i>Centrifuge</i>	Error! Bookmark not defined.
6.19. <i>Tangki Penampungan II</i>	Error! Bookmark not defined.
6.20. <i>Heater II</i>	Error! Bookmark not defined.
6.21. <i>Menara Distilasi</i>	Error! Bookmark not defined.
6.22. <i>Kondensor</i>	Error! Bookmark not defined.
6.23. <i>Reboiler</i>	Error! Bookmark not defined.
6.24. <i>Akumulator</i>	Error! Bookmark not defined.
6.25. <i>Dehidrator</i>	Error! Bookmark not defined.
6.26. <i>Cooler II</i>	Error! Bookmark not defined.
6.27. <i>Tangki Penampungan III</i>	Error! Bookmark not defined.
6.28. <i>Gudang Penyimpanan NaOH</i>	Error! Bookmark not defined.
6.29. <i>Tangki Pelarutan NaOH</i>	Error! Bookmark not defined.
6.30. <i>Tangki Penampung H₂SO₄</i>	Error! Bookmark not defined.
6.31. <i>Tangki Pengenceran H₂SO₄</i>	Error! Bookmark not defined.
6.32. <i>Tangki (NH₄)₂SO₄</i>	Error! Bookmark not defined.

6.33. Tangki Yeast	Error! Bookmark not defined.
6.34. Pompa	Error! Bookmark not defined.
BAB VII UTILITAS DAN UNIT PENDUKUNG PROSES Error! Bookmark not defined.	
7.1. Unit Penyediaan Uap (<i>Steam</i>)	Error! Bookmark not defined.
7.2. Unit Penyediaan Air	Error! Bookmark not defined.
7.3. Unit Penyediaan Listrik	Error! Bookmark not defined.
7.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar	Error! Bookmark not defined.
7.5. Unit Pengolahan Limbah	Error! Bookmark not defined.
7.6. Spesifikasi Peralatan Utilitas	Error! Bookmark not defined.
BAB VIII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA Error! Bookmark not defined.	
8.1. Instrumentasi	Error! Bookmark not defined.
8.2. Keselamatan Kerja	Error! Bookmark not defined.
BAB IX TATA LETAK PABRIK	
9.1. Lokasi Pabrik	Error! Bookmark not defined.
9.2. Tata Letak Alat Proses	Error! Bookmark not defined.
9.3. Tata Letak Alat Proses	Error! Bookmark not defined.
BAB X STRUKTUR ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN	
.....	Error! Bookmark not defined.
10.1. Diagram Organisasi	Error! Bookmark not defined.
10.2. Perincian Tugas, Jumlah, dan Kualifikasi Karyawan/Pegawai	Error! Bookmark not defined.
10.3. Penggolongan Gaji	Error! Bookmark not defined.

10.4. Penggiliran Tugas	Error! Bookmark not defined.
BAB XI ANALISA KELAYAKAN EKONOMI..Error! Bookmark not defined.	
11.1. Total capital invesment	Error! Bookmark not defined.
11.2. Biaya Prodiuksi Total (TPC).....	Error! Bookmark not defined.
11.3. Hasil Analisa	Error! Bookmark not defined.
BAB XII KESIMPULAN	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN.....	LA-Error! Bookmark not defined.





RINGKASAN

Tongkol jagung sebagai limbah pertanian lignoselulosa berpotensi menjadi bahan baku bioetanol. Pabrik bioetanol berkapasitas 18.000 ton/tahun direncanakan di Desa Pakatto, Kecamatan Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, dengan lahan 14.244 m². Pendirian pabrik ini bertujuan memenuhi kebutuhan bioetanol dalam negeri sekaligus mengurangi impor.

Proses produksi meliputi persiapan bahan baku, delignifikasi (NaOH 2%), hidrolisis (H₂SO₄ 1,1%), fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*, distilasi dengan sieve tray column, dan dehidrasi menggunakan molecular sieve zeolite hingga diperoleh bioetanol 99,25%.

Pabrik bioetanol ini juga dilengkapi dengan unit penyediaan air sebesar 129.219,278 kg/jam, kebutuhan bahan bakar solar sebanyak 964,429 L/jam, serta penyediaan listrik yang digunakan untuk pengolahan limbah. Pabrik akan dioperasikan dengan tenaga kerja sebanyak 160 orang.

Analisis ekonomi menunjukkan kebutuhan investasi: *Fixed Capital Investment* (FCI) Rp 136.919.153.484,04 dan *Working Capital Investment* (WCI)

Rp 34.229.788.371,01. Hasil kelayakan finansial diperoleh ROI sesudah pajak 23,96%, IRR 39,77%, POT 2,94 tahun, dan BEP 48,51%.

Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik bioetanol berbahan baku tongkol jagung layak untuk direalisasikan dan dapat diteruskan ke tahap perancangan sesuai prosedur yang telah direncanakan

SUMMARY

Corncob, as an agricultural lignocellulosic residue, has significant potential to be utilized as a raw material for bioethanol production. A bioethanol plant with a capacity of 18,000 tons/year is planned to be established in Pakatto Village, Bontomarannu District, Gowa Regency, South Sulawesi, covering an area of 14,244 m². The establishment of this plant aims to meet domestic bioethanol demand while reducing reliance on imports.

*The production process includes raw material preparation, delignification using NaOH 2%, hydrolysis with H₂SO₄ 1.1%, fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*, followed by distillation using a sieve tray column, and dehydration with molecular sieve zeolite, resulting in bioethanol with 99.25% purity.*

The facility is equipped with a water supply unit of 129,219.278 kg/h, diesel fuel consumption of 964.429 L/h, and electricity supply for waste treatment operations. The plant is designed to employ approximately 160 workers.

The economic analysis indicates an investment requirement of Fixed Capital Investment (FCI) IDR 136.919.153.484,04 and Working Capital Investment (WCI) IDR 34.229.788.371,01. Financial feasibility assessment shows a Return on

Investment (ROI) after tax of 23,96%, Internal Rate of Return (IRR) of 39,77%, Pay Out Time (POT) of 2,94 years, and a Break-Even Point (BEP) of 48,51%.

Based on these results, it can be concluded that the establishment of a bioethanol plant using corncob as raw material is feasible to implement and can be further developed into the detailed design stage in accordance with standard procedures.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ketergantungan Indonesia pada bahan bakar fosil telah menjadi salah satu tantangan utama dalam memenuhi kebutuhan energi nasional. Namun, penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan justru menimbulkan berbagai persoalan, baik lingkungan maupun ekonomi. Dari sisi lingkungan, pembakaran fosil menghasilkan emisi gas rumah kaca yang memicu perubahan iklim dan kerusakan ekosistem. Sementara itu, dari sisi ekonomi, ketergantungan pada minyak dunia membuat Indonesia rentan terhadap gejolak harga energi global yang tidak stabil. Selain itu, cadangan energi fosil di Indonesia terus mengalami penurunan, sehingga diperlukan langkah strategis untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi ini. Salah satu solusi yang potensial adalah pengembangan energi terbarukan, termasuk bioetanol, yang merupakan bahan bakar alternatif ramah lingkungan (Kementerian ESDM, 2021).

Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki kekayaan sumber daya biomassa yang melimpah. Limbah pertanian, seperti tongkol jagung, merupakan salah satu sumber biomassa yang selama ini kurang dimanfaatkan. Tongkol jagung, yang merupakan hasil samping dari produksi jagung, seringkali hanya dianggap sebagai limbah dan dibakar, sehingga berkontribusi pada pencemaran udara. Padahal, tongkol jagung merupakan limbah lignoselulostik, yaitu limbah yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang dapat diolah menjadi bioetanol melalui proses teknologi yang tepat (Rahman et al., 2020). Pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan baku bioetanol tidak hanya memberikan solusi untuk mengurangi limbah, tetapi juga mendukung keberlanjutan energi dengan memanfaatkan potensi lokal.

Sulawesi Selatan, khususnya Kabupaten Gowa, memiliki potensi besar untuk pengembangan pabrik bioetanol berbasis tongkol jagung. Kabupaten Gowa dikenal sebagai salah satu peghasil jagung terbesar di Sulawesi Selatan dengan produktivitas tertinggi 60,82 Kw/Ha (BPS, 2023). Ketersediaan bahan baku yang berlimpah ini menjadikan Kabupaten Gowa lokasi yang strategis untuk pendirian pabrik bioetanol. Selain itu, pengolahan tongkol jagung menjadi bioetanol dapat memberikan nilai tambah ekonomi bagi masyarakat lokal, baik melalui penyediaan lapangan kerja maupun peningkatan pendapatan petani jagung.

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian bioetanol dari bahan baku lignoselulosa, termasuk tongkol jagung, telah banyak diteliti. Proses produksi bioetanol melibatkan beberapa tahap utama, yaitu pretreatment untuk memecah struktur lignoselulosa, hidrolisis enzimatis untuk mengubah selulosa menjadi gula sederhana, dan fermentasi gula menjadi etanol. Teknologi ini tidak hanya efisien, tetapi juga semakin terjangkau, sehingga memungkinkan implementasinya dalam skala komersial (Zhang et al., 2019).

Pendirian pabrik bioetanol dari tongkol jagung di Kabupaten Gowa diharapkan memberikan berbagai manfaat yang signifikan. Pertama, pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan baku bioetanol dapat mengurangi jumlah limbah pertanian yang tidak terolah dan berpotensi mencemari lingkungan. Kedua, produksi bioetanol dapat mendukung program pemerintah dalam diversifikasi energi, mengurangi emisi karbon, dan meningkatkan kemandirian energi nasional (Kementerian ESDM, 2021). Ketiga, pendirian pabrik ini dapat menciptakan lapangan kerja baru, meningkatkan pendapatan masyarakat sekitar, serta mendorong pertumbuhan ekonomi lokal. Terakhir, inisiatif ini sejalan dengan upaya global untuk mengurangi dampak perubahan iklim melalui pengembangan energi terbarukan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, prarancangan pabrik bioetanol dari tongkol jagung merupakan langkah strategis yang tidak hanya menjawab tantangan kebutuhan energi berkelanjutan, tetapi juga memanfaatkan potensi lokal secara optimal. Keberhasilan proyek ini dapat menjadi model pengembangan energi terbarukan berbasis biomassa di wilayah lain di Indonesia.

1.2. Tujuan Perancangan Pabrik

Adapun tujuan dari pendirian pabrik bioetanol dari tongkol jagung ini adalah:

1. Memenuhi kebutuhan bioetanol dalam negeri sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan mengurangi ketergantungan impor bahan bakar fosil dari negara asing.
2. Meningkatkan pendapatan negara melalui diversifikasi energi terbarukan dan menciptakan nilai tambah dari limbah pertanian, khususnya tongkol jagung.
3. Mengoptimalkan pemanfaatan limbah pertanian untuk menghasilkan produk yang bernilai ekonomis dan berkelanjutan.
4. Menerapkan teknologi pengolahan biomassa lignoselulosa untuk produksi bioetanol yang efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan.

1.3. Manfaat Perancangan Pabrik

Manfaat dari prarancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu mahasiswa dalam merealisasikan ilmu yang didapat selama perkuliahan melalui perancangan pabrik bioetanol yang inovatif dan sesuai kebutuhan industri.
2. Memberikan solusi terhadap masalah limbah pertanian, khususnya tongkol jagung, yang seringkali kurang dimanfaatkan secara maksimal.

3. Mendukung program pemerintah dalam diversifikasi energi dan transisi menuju energi terbarukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.
4. Meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal melalui penciptaan lapangan kerja dan peluang usaha baru.
5. Memenuhi kebutuhan bioetanol di Indonesia maupun dunia sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tongkol Jagung

Tongkol pada jagung adalah bagian dalam organ betina tempat bulir duduk menempel. Istilah ini juga dipakai untuk menyebut seluruh bagian jagung betina (buah jagung). Bongkol terbungkus oleh kelobot (kulit buah jagung). Secara morfologi, tongkol jagung adalah tangkai utama malai yang termodifikasi. Malai organ jantan pada jagung dapat memunculkan bulir pada kondisi tertentu. Bongkol jagung muda, disebut juga babycorn, dapat dimakan dan dijadikan sayuran. Tongkol yang tua ringan namun kuat, dan menjadi sumber furfural, sejenis monosakarida dengan lima atom karbon. Tongkol jagung tersusun atas senyawa kompleks lignin, hemiselulosa dan selulosa. Masing-masing merupakan senyawa-senyawa yang potensial dapat dikonversi menjadi senyawa lain secara biologi. Selulose merupakan sumber karbon yang dapat digunakan mikroorganisme sebagai substrat dalam proses fermentasi untuk menghasilkan produk yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Suprpto dan Rasyid, 2002). Komposisi tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Komposisi Tongkol Jagung

Komponen	Komposisi (%)
Selulosa	41,0
Hemiselulosa	36,0
Lignin	16,0
Air	5,5
Abu (SiO ₂)	1,5

Sumber: (Kanani et al., 2018)

2.2. Bioetanol

Bioetanol merupakan etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen gula, pati, dan selulosa. Etanol (C_2H_5OH) umumnya digunakan dalam industri sebagai bahan baku industri turunan alkohol. Berdasarkan kadar alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga grade yaitu grade industri dengan kadar alkohol 90-94%, netral dengan kadar alkohol 96-99,5% umumnya digunakan untuk minuman keras atau bahan baku farmasi, dan grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5-100% (Hendrawati et al., 2019).

Etanol dianggap tidak beracun dalam konsentrasi rendah hingga sedang, khususnya saat digunakan dalam produk pangan, minuman beralkohol, maupun aplikasi medis (misalnya desinfektan). Namun, pada kadar tinggi atau konsumsi berlebihan, etanol dapat bersifat toksik dan menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan, seperti kerusakan hati, sistem saraf, hingga keracunan akut. Meskipun demikian, etanol tetap memberikan banyak manfaat bagi masyarakat karena memiliki beragam sifat fisika dan kimia yang berguna dalam berbagai bidang industri, energi, dan kesehatan. Alkohol, khususnya etanol, dapat diproduksi dari berbagai masukan pertanian. Secara umum bahan-bahan tersebut dibagi menjadi tiga kelompok:

1. Bahan-bahan yang mengandung gula,
2. Bahan-bahan yang mengandung pati (biji-bijian, kentang, dan tapioka), dan
3. Bahan selulosa (kayu dan limbah pertanian lainnya)

Etanol terbagi menjadi dua kelompok utama:

1. Etanol 95-96% v/v, yang dikenal sebagai "etanol terhidrasi", dibagi menjadi beberapa kelompok berikut:
 - a. Kualitas teknis/mentah, digunakan sebagai bahan bakar untuk penyulingan minuman keras.
Minuman, desinfektan, pelarut.

- b. Kualitas industri, digunakan sebagai bahan baku dalam industri pelarut.
 - c. Kualitas air minum, untuk minum berkualitas tinggi.
2. Etanol > 99,5% v/v, digunakan sebagai bahan bakar. Dengan pemurnian lebih lanjut dapat digunakan dalam aplikasi farmasi dan sebagai pelarut di laboratorium analitik. Etanol ini disebut etanol tingkat bahan bakar (FGE), etanol anhidrat, atau etanol kering, yang berarti etanol yang tidak mengandung air atau hanya mengandung sedikit air (Hanum, 2013).

Tabel 2. 2 Sifat-Sifat Fisika Etanol

Sifat Fisika Etanol	Keterangan
Berat molekul (g/mol)	46,07
Titik Lebur (C)	-112
Titik didih (C)	78,4
Densitas (g/ml)	0,789
Viskositas pada 20 C (Cp)	1,17
Panas penguapan (kal/g)	200,6
Warna Cairan	Tidak berwarna
Kelarutan	Larut dalam air dan eter
Aroma	Memiliki aroma yang khas

Sumber: (Perry, 1999)

Etanol, juga dikenal sebagai etil alkohol, digunakan untuk berbagai tujuan, antara lain:

1. Bahan Baku Industri: Etanol berfungsi sebagai bahan baku dalam industri seperti minuman beralkohol, serta dalam produksi asam asetat dan asetaldehid.
2. Pelarut dalam Industri: Konsentrasi etanol digunakan sebagai pelarut dalam industri farmasi, kosmetika, dan plastik.
3. Bahan Desinfektan: Etanol dimanfaatkan sebagai bahan desinfektan untuk peralatan medis, keperluan rumah tangga, dan fasilitas kesehatan.
4. Bahan Bakar: Selain itu, etanol juga berperan sebagai bahan baku untuk bahan bakar motor.

Secara kimia, etanol memiliki rumus C_2H_5OH dan pada suhu kamar, ia berwujud cairan tidak berwarna, mudah menguap, serta mudah terbakar. Etanol merupakan senyawa organik yang

termasuk dalam golongan alkohol primer, dan sifat fisik serta kimianya sangat dipengaruhi oleh gugus hidroksil yang dimilikinya. Proses produksi etanol melalui fermentasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis mikroorganisme dan media yang digunakan, adanya komponen yang dapat menghambat pertumbuhan, serta kondisi fermentasi. Dalam pemilihan khamir untuk fermentasi, perlu diperhatikan faktor-faktor seperti konsentrasi gula, tingkat keasaman, keberadaan oksigen, dan suhu dari bahan baku. Khamir yang sering digunakan dalam produksi alkohol dari karbohidrat adalah *Saccharomyces cerevisiae*, yang berfungsi optimal pada pH 4,0-4,5 (Farida Hanum, 2013).

2.3. Proses Pembuatan Bioetanol

Pembuatan bioetanol pada dasarnya terdapat tiga tahap pokok, yaitu Hidrolisis, Fermentasi, dan Distilasi. Perbedaan teknik pembuatan bioetanol dari satu jenis bahan ke jenis bahan yang lain adalah terletak pada jenis bahan yang digunakan sebagai bahan baku bioetanol yang berpengaruh pada perbedaan perlakuan pra hidrolisis. Berikut merupakan tahap pokok pembuatan bioetanol :

a. Hidrolisis

Gigih (2015), menjelaskan bahwa proses mengubah karbohidrat menjadi gula sederhana disebut dengan hidrolisis. Pada prinsipnya hidrolisis merupakan proses pemecahan rantai polimer bahan menjadi monomer-monomer sederhana.

Pemutusan rantai polimer tersebut dapat dilakukan dengan berbagai metode, misalnya secara enzimatik, kimiawi, ataupun kombinasi keduanya. Hal tersebut juga didukung oleh pernyataan menurut Bambang dkk. (1992) yang mengatakan bahwa hidrolisis dapat dilakukan dengan asam maupun enzim. Hidrolisa asam seringkali menggunakan asam berupa asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H_2SO_4). Selain jenis asam, konsentrasi asam juga sangat penting untuk diperhatikan

dalam proses hidrolisis. Hidrolisis dengan asam pekat menghasilkan kadar gula reduksi yang lebih tinggi dibandingkan hidrolisis dengan asam encer.

Proses hidrolisis asam menurut Adnan (2012) dapat dikatakan sederhana dan dapat langsung diketahui hasilnya, namun memiliki beberapa kekurangan. Proses hidrolisis asam sering menghasilkan produk campuran glukosa, selobiosa, dan produk hidrolisis hemiselulosa, serta degradasi produk dari pemecahan monomer gula menjadi aldehid dan keton. Rendemen glukosa yang tinggi dapat dihasilkan dari hidrolisis asam bila dicapai dengan kondisi yang optimum. Pada metode hidrolisis asam, limbah lignoselulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu. Proses hidrolisis asam menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Sementara pada proses hidrolisis enzimatik dilakukan dengan penambahan enzim α -amilase dan amilglukosidase. Kelemahan hidrolisis enzim yaitu substrat masih menyisakan serat dan sedikit pati. Selain itu metode hidrolisis secara enzimatik juga relatif mahal dan memerlukan waktu yang cukup lama.

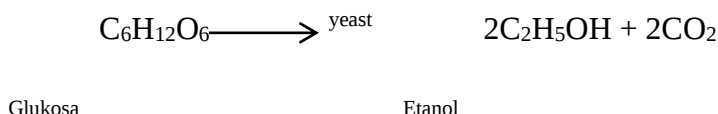
b. Fermentasi

Menurut Widayatnim (2015) fermentasi dapat diartikan sebagai semua kegiatan mikrobial hasil aerob maupun anaerob yang menghasilkan suatu proses perubahan kimia spesifik pada suatu substrat organik. Sementara fermentasi alkohol dapat diartikan sebagai perubahan senyawa-senyawa gula (substrat) oleh mikrobial yang menghasilkan alkohol dan gas CO_2 .

Fermentasi berasal dari bahasa latin “Ferferre” yang berarti mendidihkan. Seiring perkembangan teknologi, definisi fermentasi meluas menjadi semua proses yang melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk yang disebut metabolit primer dan sekunder dalam suatu lingkungan yang dikendalikan. Pada mulanya istilah fermentasi digunakan untuk menunjukkan proses pengubahan glukosa menjadi etanol yang berlangsung anaerob. Namun,

istilah fermentasi berkembang lagi menjadi seluruh perombakan senyawa organik yang dilakukan mikroorganisme.

Reaksi kimia proses fermentasi :



Saccharomyces cerevisiae melakukan proses fermentasi dengan memanfaatkan enzim-enzim yang dihasilkannya, yaitu zimase dan invertase. Melalui aktivitas enzim zimase, polisakarida atau pati yang masih tersisa dari tahap hidrolisis diuraikan menjadi gula sederhana berupa glukosa. Selanjutnya, enzim invertase berperan dalam mengubah glukosa tersebut menjadi etanol (alkohol) dan karbon dioksida melalui reaksi fermentasi. Pada awal fermentasi masih diperlukan oksigen untuk pertumbuhan dan perkembangan *Saccharomyces cerevisiae*, tetapi kemudian tidak dibutuhkan lagi karena kondisi proses yang diperlukan adalah anaerob.

Bambang (1992) mengatakan bahwa dalam pembentukan alkohol melalui proses fermentasi peran mikroorganisme sangat besar dan biasanya mikroorganisme yang digunakan untuk fermentasi mempunyai beberapa syarat sebagai berikut :

- Mempunyai kemampuan untuk memfermentasi karbohidrat yang cocok secara tepat.
- Bersifat membentuk flokulasi dan sedimentasi (misal sel-sel yeast selalu ada pada bagian bawah tangki fermentasi).
- Mempunyai genetik yang stabil (tidak mudah mengalami mutasi).
- Bersifat osmotolerans artinya mikroorganisme tersebut toleran terhadap tekanan osmose yang tinggi.
- Toleran terhadap kadar alkohol yang tinggi (sampai dengan 14-15%).
- Mempunyai sifat regenerasi yang cepat

Penggunaan berbagai macam jenis mikroorganisme tersebut disesuaikan dengan substrat/bahan yang akan difermentasi dan kondisi proses yang akan berlangsung. Sebagai contoh, untuk proses yang menggunakan suhu tinggi maka mikroorganisme yang digunakan sedapat mungkin yang bersifat termofilik, misalnya *Clostridium thermocellum*, *Clostridium thermohydrosulfuricum*, dan sebagainya. Mikroorganisme yang lain ada pula yang bersifat tahan terhadap kadar etanol yang tinggi (*ethanol tolerance*), tahan terhadap konsentrasi gula yang tinggi (osmofilik), dan sebagainya. Mikroorganisme yang paling banyak digunakan dalam proses fermentasi alkohol adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang dapat berproduksi tinggi, tahan/toleran terhadap kadar alkohol tinggi, tahan terhadap kadar gula tinggi, dan tetap aktif melakukan aktivitasnya pada suhu 4-32°C. Pada minuman beralkohol yang dihasilkan tanpa Distilasi (hasil fermentasi) biasanya mempunyai kadar alkohol antara 3% sampai 18%. Tujuan mempertinggi kadar alkohol dalam produk seringkali hasil fermentasi didistilasi dan kadar alkohol yang dihasilkan berkisar antara 20% sampai 50% (Bambang dkk. 1992).

c. Distilasi

Distilasi adalah proses penguapan dan pengembunan kembali untuk memisahkan campuran dua atau lebih zat cair ke dalam fraksi-fraksinya berdasarkan perbedaan titik didihnya. Proses distilasi diperlukan pada pembuatan bioetanol agar kadar alkohol yang diperoleh menjadi lebih dari 95% dan dapat dipergunakan sebagai bahan bakar. Hasil fermentasi pada umumnya terdiri atas air dan etanol, maka untuk memperoleh kadar etanol murni diperlukan proses pemisahan air dari etanol. Pada distilasi, fase uap akan segera terbentuk setelah larutan dipanaskan. Uap dan cairan dibiarkan mengadakan kontak sehingga dalam waktu yang cukup semua komponen yang ada dalam larutan akan terdistribusi dalam fase uap membentuk distilat. Distilat banyak

mengandung komponen dengan tekanan uap tinggi atau titik didih rendah. Komponen dengan tekanan uap murni rendah atau titik didih tinggi sebagian besar terdapat dalam residu.

Proses Distilasi bertujuan memisahkan bioetanol dan air berdasarkan perbedaan titik didih kedua bahan tersebut yang kemudian diembunkan kembali. Titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan air 100°C, pemanasan larutan pada rentang suhu 78-100°C akan mengakibatkan sebagian besar alkohol menguap, maka perlu dilakukan proses distilasi melalui unit kondensasi sehingga akan dihasilkan etanol berkonsentrasi 95%.

d. Proses Dehidrasi

Proses dehidrasi adalah proses untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat pada produk hasil Distilasi. Proses dehidrasi dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu distilasi azeotrop menggunakan solvent, molecular sieve dan membrane. Saat ini, proses dehidrasi yang banyak digunakan untuk membuat etanol anhydrous adalah dengan molecular sieve (Supriyanto 2005 dalam Supriyanto 2006).

BAB XII

KESIMPULAN

Perancangan Pabrik Bioetanol berbahan baku tongkol jagung yang mencakup penyediaan peralatan produksi, penerapan teknologi, bahan baku, alur proses produksi, hasil akhir, serta kebutuhan tenaga kerja dengan kapasitas 18.000 ton/tahun menunjukkan kelayakan untuk diteliti lebih lanjut.

Dari sisi ekonomi, perancangan Pabrik Bioetanol dari tongkol jagung ini dinilai cukup menguntungkan dengan rincian sebagai berikut:

- 
1. Kapasitas Produksi : 18.000 ton/tahun
 2. Lokasi Pabrik : Gowa, Sulawesi Selatan
 3. Bentuk Usaha : Perseroan Terbatas (PT)
 4. Jumlah Tenaga Kerja : 160 orang
 5. Waktu Pembangunan : 2 tahun
 6. Total Investasi : Rp 179.706.388.947,80
 7. Pendapatan Tahunan : Rp 222.694.980.694,98
 8. *Interest Rate Of Return* (IRR) : 39,77%
 9. Titik Impas (BEP) : 48,51%
 10. *Pay Out Time* (POT) : 2,94 tahun

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa rencana pembangunan Pabrik Bioetanol dari tongkol jagung ini layak secara ekonomi dan bisa dilanjutkan ke tahap berikutnya sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvira, P., dkk., 2010. *Pretreatment Technologies for An Efficient Bioethanol*.
- Ansori, Rahman, dkk., 1992. *Teknologi Fermentasi Industrial*. Jakarta: Arcan.
- Applied Science*, 9(7) 140-147
- Asikin, N., & Muhlisah, N. (2020). *Prarancangan pabrik bioetanol dari tongkol jagung kapasitas 10.000 ton/tahun* (Politeknik Negeri Ujung Pandang). Makassar.
- Azizah, Nurul. 2018. *Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Tongkol Jagung Kapasitas 4000 Ton/Tahun*. Makassar : Universitas Muslim Indonesia.
- Badan Pusat Statistik. (n.d.). *Publikasi dan data statistik*. Jakarta: BPS. Diakses dari <https://www.bps.go.id> pada 1 September 2025
- Brownell, L. E., & Klass, D. L. (1959). *Chemicals from wood*. New York, NY: Reinhold Publishing.
- Chen, J., & Chou, C. (1993). *Heat Capacity of Glucose*. *Journal of Food Science and Technology*, 30(2), 95-98. Distillation-Adsorption Process to Produce Absolute Ethanol. *Modern Applied Science*, 9(7) 140-147
- Coulson, J.M., Richardson, J.F., 1989, *Chemical Engineering Vol 6*, New York : Pergamon Press Inc.
- Farida Hanum, N. P. (2013). Pengaruh Massa Ragi Dan Waktu Fermentasi Terhadap Bioetanol Dari Biji Durian. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 2, No. 4, 1.
- Fauzi, A.R., 2012. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Efektivitas Adsorben dalam
- Feller, G. (1986). Enzyme Hydrolysis of Cellulose and Its Derivatives. *Journal of Biological Chemistry*, 261(20), 9200–9206.

- Feller, G. (1986). Enzyme Hydrolysis of Cellulose and Its Derivatives. *Journal of Biological Chemistry*, 261(20), 9200–9206.
- Geankoplis, C., 1993. *Transport Process and Unit Operations*. Massachusetts :Allyn and Bacon Inc.
- Gumbira, Said. 1984. *Bioindustri, Penerapan Teknologi Fermentasi*. Jakarta : Mediatama Sarana Perkasa.
- Hidayat, H., Taherzadeh, M. J., & Karimi, K. (2006). Fermentation Strategies for Ethanol Production from Lignocellulosic Biomass. *Bioresource Technology*, 99(12), 5915–5925.
- Huda, S. (2007). *Komposisi dan karakteristik bahan biomassa dari tongkol jagung*. Dalam Shofiyanto, M. (Ed.), *Pemanfaatan Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan* (hlm. 101-104). Yogyakarta: Penerbit Universitas Gadjah Mada.
- Indonesia: *Biofuels Annual*. (2024, Oktober 28). USDA Foreign Agricultural Service. <https://www.fas.usda.gov/data/indonesia-biofuels-annual-8>.
- J. M. Smith, dkk. 2018. *Chemical Engineering Thermodynamics*.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2021). *Laporan Kinerja Sektor Energi*.
- Kern, D.Q. 1986. *Process Heat Transfer*. New York : Mc-Graw Hill Book Company
- Kim, S., Lee, Y. Y., & Kim, T. H. (2013). Pretreatment of Lignocellulosic Biomass by Hot Compressed Water for Bioethanol Production. *Bioresource Technology*, 130, 506–512.
- Matche. (n.d.). *Matche process equipment cost estimation*. Diakses dari <https://www.matche.com> pada 1 September 2025
- Matche.com. (n.d.). *Matche – reference generator*. Diakses pada 01 September 2025, dari <https://www.matche.com/>

- Mawarda Rilek, Nada. 2017. Hidrolisis Lignoselulosa Hasil Pretreatment Pelepah Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) menggunakan H_2SO_4 pada Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri* Volume 6 No 2: 76-82. Mediatama Sarana Perkasa.
- McCabe, W.L., Smith, J.C and Harriot, P., 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 5th edition. Singapore : Mc Graw Hill Book Co
- Mosier, N., Wyman, C. E., Dale, B. E., Elander, R., Lee, Y. Y., Holtzapple, M., & Ladisch, M. (2005). Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 96(6), 673-686.
- Muzid Syauqil Umam. (2018). Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevicea*) dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabeliffer* L.). Jurusan Biologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Novia, H., Sari, R. K., & Wulandari, T. (2014). Bioethanol Production through Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) Process. *Journal of Renewable Energy Development*, 3(1), 22–29.
- Nufus Kanani, R. E. (2018). Pengaruh Penambahan FeCl_3 Dan Al_2O_3 Terhadap Kadar. *jurnal.umj*, 2.
- Oriez, V., Peydecastaing, J. and Pontalier, P. Y. 2020. “Lignocellulosic Biomass Mild Alkaline Fractionation And Resulting Extract Purification Processes: Conditions, Yields And Purities.” *Clean Technol.* 2:91-115.
- Ortiz, I. (2014). Advances in Alkaline Hydrolysis for Biomass Pretreatment. *Renewable Energy*, 68, 785–793. Pembuatan Bioetanol Fuel Grade Dari Limbah
- Perry, R.H. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook*, 7th edition. New York: Mc Graw-Hill. Inc

- Putri, Firdausya Pramada, dkk. 2022. Proses dan Penentuan Kapasitas Pabrik Pada Pra-Rancangan Pabrik Bubuk Kaldu Jamur Tiram. *Jurnal Teknologi Separasi*, Vol. 8, No. 3.
- Rahman, A., et al. (2020). Potensi Limbah Pertanian untuk Produksi Bioetanol. *Journal of Renewable Energy*, 12(3), 45-60.
- Rezania, S., Oryani, B., Cho, J., Talaiekhosani, A., Sabbagh, F., Hashemi, B., Rupani, P. F., & Mohammadi, A. A. (2020). Different pretreatment technologies of lignocellulosic biomass for bioethanol production: An overview. *Energy*, 199, 117457. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117457>
- Rocha, G. D. M., Gonçalves, A. R., Oliveira, B. R., Olivares, E. G., & Rossell, C.E. V., 2012., *Steam Explosion Pretreatment Reproduction and Alkaline Delignification Reactions Performed on a Pilot Scale with Sugarcane Bagasse for Bioethanol Production*. *Industrial Crops and Products*, 35(1), 274-279.
- Rusdi Hidayat, Mohamad. 2013. Teknologi Pretreatment Bahan Lignoselulosa Dalam Proses Produksi Bioetanol. *Jurnal Biopropal Industri* Vol. 4 No. 1, 33-48.
- Samsuri, M. (2006). “Pengaruh Perlakuan Jamur Pelapuk Putih dan Steaming pada Produksi Ethanol dari Bagas melalui proses Sakarifikasi dan Fermentasi secara Serentak (SSF).” Tesis, Program Pasca Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok.
- Sanchez, O. J., & Cardona, C. A. (2008). Trends in Biotechnological Production of Fuel Ethanol from Different Feedstocks. *Bioresource Technology*, 99(13), 5270–5295.
- Setiawan, A. H. (2016). Identifikasi Logam pada Endapan Lindi Hitam Hasil Samping Proses Bioetanol sebagai Salah Satu Konsep dalam Pemurnian Lignin. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 18(1), 73–78.

- Siswanto. 2009. Prarencana Pabrik Bietanol dari Tongkol Jagung. Surabaya : Universitas Katolik Widya Mandala Madiun.
- Smith, D. K., & Ferrell, A. R. (2014). *Rotary biomass dryer*. (U.S. Patent No. 8,667,706 B2). U.S. Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US8667706B2>
- Sun, Y., & Cheng, J. J. (2002). Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A Review. *Bioresource Technology*, 83(1), 1–11.
- Suprpto, H.S. dan Rasyid, M.S. (2002). Bertanam Jagung. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Supriyanto. 2006. *Prospek Pengembangan Industri Bioetanol dari Ubi Kayu*.
- Taufany, dkk. 2015. Feed Plate and Feed Adsorbent Temperature Optimisaion of Distillation-Adsorption Process to Produce Absolute Ethabol. *Modern*
- Timmerhaus, Klaus D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fourth Edition*, San Fransisco: McGraw-Hill International Book Companies, Inc.
- Tolan, J. S., Foody, B., & Rowland, S. (2015). *Method for the production of alcohol from a pretreated lignocellulosic feedstock* (U.S. Patent No. 8,980,599 B2). U.S. Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US8980599B2>
- Wallas. S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.
- Wasungu, K. (1982). Microbial Fermentation for Ethanol Production. *Journal of Microbial Biotechnology*, 15(2), 85–92.
- World Intellectual Property Organization. (2007). *Method for the extraction of hemicellulose from lignocellulosic material* (WO 2007/047622 A1). Geneva: WIPO.
- www.alibaba.com diakses pada 13 September 2025.
- www.bi.go.id diakses pada 13 September 2025.
- www.chemengonline.com diakses pada 13 September 2025.

www.tokopedia.com diakses pada 13 September 2025.

Yaws, C.L. 1999. *Thermodynamics and Physical Property Data*. New York : Mc. Graw Hill
Book Co. Inc.

Yuni Hendrawati, T. (2019). Pemetaan Bahan Baku Dan Analisis Teknoekonomi. *Jurnal Teknologi Volume 11 No. 1*.

Zhang, Y., et al. (2019). Advances in Lignocellulosic Bioethanol Production. *Bioenergy Research*,
10(2), 134-150



