



SKRIPSI

**PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM ASETAT GLASIAL DARI
TONGKOL JAGUNG DENGAN METODE HIDROLISIS DAN
FERMENTASI KAPASITAS 27.000 TON/TAHUN**

Angger Andini 211910401010

Fadlilatul Hanifah 211910401085

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Meta Fitri Rizkiana, S.T., M.Sc.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2025



**PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM ASETAT GLASIAL DARI TONGKOL
JAGUNG DENGAN METODE HIDROLISIS DAN FERMENTASI
KAPASITAS 27.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

Disusun Oleh:

Angger Andini 211910401010

Fadlilatul Hanifah 211910401085

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2025

PERSEMBAHAN

Tugas akhir berjudul “Pra-Rancangan Pabrik Asam Asetat Glasial dari Tongkol Jagung dengan Metode Hidrolisis dan Fermentasi Kapasitas 27.000 Ton/Tahun” ini kami persembahkan kepada:

1. Diri saya sendiri dan rekan tim yang telah bekerja keras dengan segala usaha untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dedikasi dan kerja sama yang luar biasa, saling menghargai, dan selalu mendukung dalam menghadapi berbagai tantangan, menjadi kunci keberhasilan kami.
2. Kedua orang tua dan keluarga kami yang senantiasa memberikan doa, dukungan, bimbingan, kasih sayang, dan menjadi inspirasi serta kekuatan kami dalam menghadapi setiap kesulitan dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga kami mampu melewati masa-masa sulit dan terus berjuang untuk mencapai tujuan ini.
3. Dosen pembimbing kami, ibu Ir. Meta Fitri Rizkiana, S.T., M.Sc. yang telah memberikan dedikasi ilmu dan dukungan untuk membantu menyelesaikan kesulitan yang kami hadapi selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Dosen Penguji kami, Prof. Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D., IPM dan ibu Ir. Zuhriah Mumtazah, S.Si., M.Si. yang telah memberikan masukan yang berharga berupa saran dan kritik untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran.
6. Seluruh civitas akademik fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan doa, semangat, dukungan, dan kerja sama selama masa studi dan penyusunan Tugas Akhir ini.

MOTTO

Angger Andini

“Kebaikan yang kita lakukan akan kembali kepada diri kita sendiri. Keburukan yang kita lakukan akan berdampak buruk bagi diri kita sendiri”

-Q.S. Al-Isra : 7

“Bersyukurlah atas apa yang kita miliki saat ini. Karena jika suatu saat kita kehilangan hal paling berharga, sebagian hidup akan terasa sangat hancur”

-Angger Andini

Fadlilatul Hanifah

“Hidup memang sering kali menumpahkan beban berat di bahu, tapi jangan berhenti bergerak meski langkahmu perlahan dan terasa berat, sebab dunia ini takkan menunggumu saat kau terperangkap dalam keheningan sendiri”

-Fadlilatul Hanifah

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Ketua : Angger Andini

NIM : 211910401010

Nama Anggota 1 : Fadlilatul Hanifah

NIM : 211910401085

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Pra-Rancangan Pabrik Asam Asetat Glisial dari Tongkol Jagung dengan Metode Hidrolisis dan Fermentasi Kapasitas 27.000 Ton/Tahun*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Juli 2025

Yang menyatakan,

Ketua

Anggota 1



Angger Andini

NIM. 211910401010

Fadlilatul Hanifah

NIM. 211910401085

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Pra-Rancangan Pabrik Asam Asetat Glasial dari Tongkol Jagung dengan Metode Hidrolisis dan Fermentasi Kapasitas 27.000 Ton/Tahun* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 22 Juli 2025

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember


Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Meta Fitri Rizkiana, S.T., M.Sc.

NIP : 199104172024062002



(.....)

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Prof. Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D., IPM

NIP : 197409011999031002


(.....)

2. Penguji Anggota

Nama : Ir. Zuhriah Mumtazah, S.Si., M.Si.

NIP : 199311022022032014


(.....)

ABSTRAK

Pabrik asam asetat glasial berbahan baku tongkol jagung dirancang dengan kapasitas 27.000 ton/tahun dengan menggunakan metode hidrolisis dan fermentasi. Pabrik direncanakan didirikan di Tuban, Jawa Timur dengan waktu operasi 330 hari per tahun. Proses produksi asam asetat pada pra-rancangan pabrik ini terdiri dari proses *steam explosion*, delignifikasi, hidrolisis, fermentasi dan pemurnian produk. Proses *steam explosion* menggunakan kondisi operasi berupa tekanan dan suhu tinggi untuk meledakkan struktur lignoselulosa. *Output steam explosion* dilanjutkan dengan proses delignifikasi untuk mengubah lignin menjadi Na-ligninant dengan menggunakan NaOH. Selulosa yang sudah terpisah kemudian melalui proses hidrolisis untuk didapatkan glukosa. Glukosa yang didapatkan akan di fermentasi menggunakan bantuan *Zimomonas mobilis* menjadi bioetanol dan difermentasi kembali menjadi asam asetat dengan bantuan *Acetobacter aceti*. Fermentat kemudian dimurnikan melalui proses distilasi untuk menghasilkan asam asetat dengan kemurnian 99% dengan bantuan entrainer berupa etil asetat. Pabrik ini direncanakan dengan badan usaha berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 206 orang. Hasil analisis ekonomi menunjukkan keuntungan bersih didapatkan sebesar Rp225.738.675.676, tingkat pengembalian modal sebesar 46% dengan lama waktu pengembalian modal 2,059 tahun dan titik impas (BEP) sebesar 50%. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik asam asetat glasial dari tongkol jagung dengan metode hidrolisis dan fermentasi kapasitas 27.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata Kunci: asam asetat glasial, *steam explosion*, hidrolisis, fermentasi, distilasi, tongkol jagung.

ABSTRACT

*The glacial acetic acid factory, using corncob as raw material, is designed with a capacity of 27,000 tons/year, using hydrolysis and fermentation methods. The factory is planned to be built in Tuban, East Java, with an operating time of 330 days per year. The acetic acid production process in the pre-designed factory consists of steam explosion, delignification, hydrolysis, fermentation, and product purification. The steam explosion process uses high pressure and temperature to explode the lignocellulose structure. The steam explosion output is followed by a delignification process to convert lignin into Na-lignin using NaOH. The separated cellulose then undergoes hydrolysis to produce glucose. The resulting glucose is fermented using *Zymomonas mobilis* to produce bioethanol, and further fermented to acetic acid using *Acetobacter aceti*. The fermentate is then purified through distillation to produce acetic acid with a purity of 99% using an entrainer in the form of ethyl acetate. The factory is planned to be a Limited Liability Company (PT) with 206 employees. The economic analysis shows a net profit of Rp225,738,675,676, a rate of return investment of 46%, a payback period of 2.059 years, and a break-even point (BEP) of 50%. Based on the economic evaluation, it can be concluded that a glacial acetic acid factory from corncobs using hydrolysis and fermentation methods with a capacity of 27,000 tons/year is feasible.*

Keywords: glacial acetic acid, steam explosion, hydrolysis, fermentation, distillation, corncobs.

PRAKATA

Segala puji kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir Perancangan Pabrik yang berjudul “Pra-Rancangan Pabrik Asam Asetat Glasial dari Tongkol Jagung dengan Metode Hidrolisis dan Fermentasi Kapasitas 27.000 Ton/Tahun”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan Prodi Teknik Kimia Universitas Jember. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

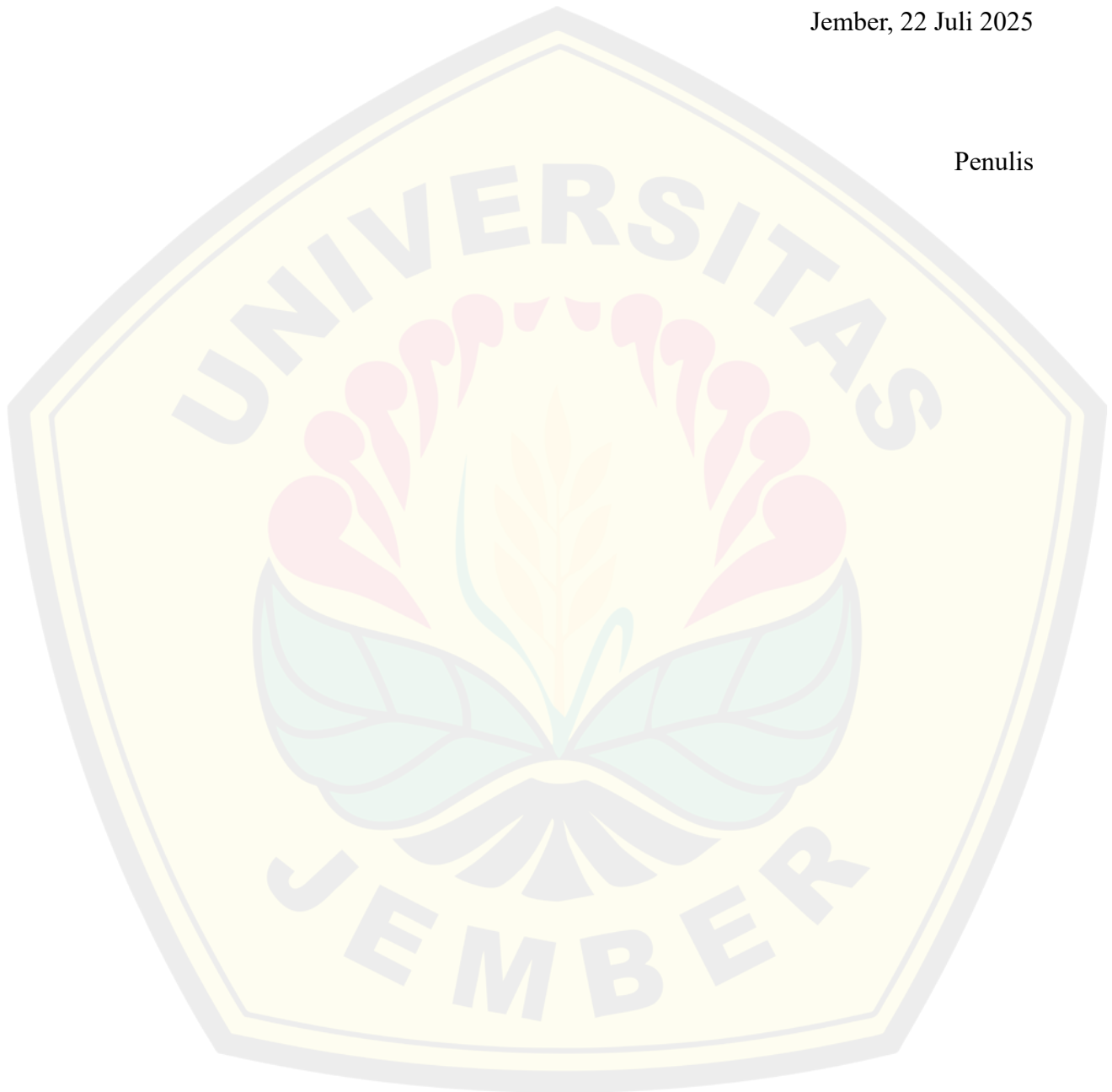
1. Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng., IPM. selaku Rektor Universitas Jember.
2. Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Prof. Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D., IPM selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
4. Ir. Meta Fitri Rizkiana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu dan membantu kami.
5. Prof. Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D., IPM dan Ir. Zuhriah Mumtazah, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji.
6. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran.
7. Seluruh civitas akademik fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Kedua orang tua yang telah memberikan doa serta dukungan untuk kelancaran dan keberhasilan kami dalam penyusunan Tugas Akhir.
9. Rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan doa, semangat, dukungan, dan kerja sama selama masa studi dan penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Semoga segala doa, dukungan dan bimbingan yang diberikan oleh semua pihak kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini akan menjadi berkah dan

mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. penyusunan Tugas Akhir ini tentunya masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan di masa depan.

Jember, 22 Juli 2025

Penulis



DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	ii
MOTTO.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan perkembangan	3
BAB 2. PERENCANAAN PABRIK	4
2.1. Pemilihan Kapasitas	4
2.2. Pemilihan Proses	6
2.3. Uraian Proses	8
2.5. Spesifikasi Bahan	16
2.6. Pemilihan Lokasi dan Tata Letak	23
BAB 3. NERACA MASSA DAN ENERGI	27
3.1 Neraca Massa	27
3.2 Neraca Energi.....	28
BAB 4. SPESIFIKASI ALAT	30
BAB 5. EVALUASI EKONOMI	34
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	36
6.1 Kesimpulan	36
6.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
Lampiran	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Block Flow Diagram Pembuatan Asam Asetat dari Tongkol Jagung	13
Gambar 2. 2 Process Flow Diagram Pembuatan Asam Asetat dari Tongkol Jagung	15
Gambar 2. 3 Struktur Kimia Selulosa ((C ₆ H ₁₀ O ₅) _n)	16
Gambar 2. 4 Struktur Kimia Hemiselulosa ((C ₅ H ₁₀ O ₅) _n)	17
Gambar 2. 5 Struktur Kimia Lignin ((C ₁₀ H ₁₂ O ₃) _n)	17
Gambar 2. 6 Struktur Kimia Natrium Hidroksida (NaOH)	18
Gambar 2. 7 Struktur Kimia Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)	19
Gambar 2. 8 Struktur Zimomonas mobilis	20
Gambar 2. 9 Struktur Acetobacter aceti	20
Gambar 2. 10 Struktur Molekul Etil Asetat (C ₄ H ₈ O ₂)	21
Gambar 2. 11 Struktur Kimia Bioetanol (C ₂ H ₅ OH)	22
Gambar 2. 12 Struktur Kimia Asam Asetat (CH ₃ COOH)	23
Gambar 2. 13 Peta Wilayah Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur	24
Gambar 2. 14 Tata Letak Pabrik Asam Asetat	26
Gambar 2. 15 Tata Letak Alat Proses Pabrik Asam Asetat	26

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Data Ekspor dan Impor Asam Asetat di Indonesia	4
Tabel 2. 2. Pertumbuhan Ekspor dan Impor Asam Asetat di Indonesia	5
Tabel 2. 3 Perbandingan Beberapa Proses Pembuatan Asam Asetat.....	8
Tabel 2. 4 Spesifikasi Selulosa ((C ₆ H ₁₀ O ₅) _n).....	16
Tabel 2. 5 Spesifikasi Hemiselulosa ((C ₅ H ₁₀ O ₅) _n).....	17
Tabel 2. 6 Spesifikasi Lignin ((C ₁₀ H ₁₂ O ₃) _n)	18
Tabel 2. 7 Spesifikasi Natrium Hidroksida (NaOH).....	18
Tabel 2. 8 Spesifikasi Asam Sulfat (H ₂ SO ₄).....	19
Tabel 2. 9 Spesifikasi Zimomonas mobilis.....	20
Tabel 2. 10 Spesifikasi Acetobacter aceti	20
Tabel 2. 11 Spesifikasi Etil Asetat (C ₄ H ₈ O ₂).....	21
Tabel 2. 12 Spesifikasi Bioetanol (C ₂ H ₅ OH).....	22
Tabel 2. 13 Spesifikasi Asam Asetat (CH ₃ COOH).....	23
Tabel 5. 1 Total Capital Investment (TCI).....	34
Tabel 5. 2 Total Production Cost (TPS).....	34
Tabel 5. 3 Keuntungan.....	34
Tabel 5. 4 Lama Waktu Pengembalian Modal.....	35
Tabel 5. 5 Laju Pengembalian Modal.....	35
Tabel 5. 6 Nilai Break Even Point	35

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri kimia merupakan salah satu yang menghasilkan bahan baku untuk kebutuhan di sektor industri. Sektor industri sendiri berperan sebagai salah satu faktor yang mendukung perekonomian di Indonesia. Dengan adanya Pembangunan industri kimia di Indonesia mendukung pertumbuhan perekonomian di Indonesia serta mengurangi ketergantungan terhadap industri luar. Salah satu industri kimia yang memiliki potensi untuk dibangun di Indonesia adalah asam asetat. Asam asetat merupakan salah satu bahan kimia baku penunjang yang digunakan di industri, salah satunya adalah industri kimia yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan berbagai senyawa kimia seperti asetat anhidrida. Asam asetat juga sering dimanfaatkan sebagai pelarut dalam industri kimia. Asam asetat merupakan bahan baku penting bagi berbagai industri, termasuk industri tekstil, industri benang karet, dan industri PTA (Purified Terephthalic Acid (Ninasafitri et al., 2024)). Asam asetat memiliki rumus kimia CH_3COOH dengan sifat fisik tidak berwarna. Asam asetat merupakan cairan tak berwarna yang memiliki bau yang tajam. Asam asetat tergolong dalam asam karboksilat (Luttrell, 2012). Dengan adanya pabrik lokal, industri-industri ini dapat memperoleh pasokan bahan baku yang lebih stabil dan terjangkau.

Pabrik asam asetat yang berdiri di Indonesia adalah PT Indo Acidatama dengan kapasitas produksi 36.600 ton/tahun. Kebutuhan impor asam asetat menurut BPS sepanjang tahun 2024 adalah 28.506,507 ton/tahun (BPS, 2024). Perkiraan jumlah konsumsi asam asetat pada tahun 2028 yang akan datang adalah 63.105,77 ton/tahun. Berdasarkan prediksi konsumsi asam tersebut dibutuhkan pabrik baru untuk memenuhi kebutuhan asam asetat dalam negeri. Kebutuhan asam asetat dalam negeri masih mengandalkan impor dari berbagai negara seperti China, India, Jerman, Korea, Malaysia, Singapore, dan Jepang. Dengan adanya peningkatan kebutuhan asam asetat di Indonesia, dapat menjadikan pabrik asam asetat sebagai salah satu potensial yang perlu didirikan di Indonesia.

Indonesia merupakan negara berkembang dengan luas wilayah yang mendukung adanya pengembangan biomassa. Produksi biomassa yang melimpah

yang mudah didapatkan antara lain tongkol jagung. Produksi jagung di Indonesia pada tahun 2024 mencapai 15.207.141,46 ton/tahun dengan produksi tongkol jagung sebanyak 7.603.570,74. Tongkol jagung adalah salah satu biomassa yang memiliki kandungan lignoselulosa, dimana kandungan tersebut berpotensi untuk dikonversi menjadi asam asetat. Tongkol jagung dipilih sebagai bahan baku karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu sekitar 45% (Fitriani et al., 2013). Pemilihan tongkol jagung sebagai bahan baku adalah untuk mengurangi limbah hasil pertanian jagung. Tongkol jagung juga dipilih karena tidak digunakan sebagai bahan pangan manusia maupun bahan pangan ternak, selain itu tongkol jagung juga bersifat terbarukan. Lignoselulosa merupakan komponen utama dari biomassa yang melimpah di alam. Lignoselulosa terdiri dari tiga jenis polimer yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Mujtaba et al., 2023). Lignoselulosa merupakan bahan baku yang dapat diolah menjadi gula dengan proses fermentasi. Biomassa lignoselulosa merupakan sumber gula heksosa dan pentosa terbesar yang dapat digunakan untuk produksi asam asetat.

Fermentasi merupakan proses yang digunakan untuk mengkonversi tongkol jagung menjadi asam asetat. proses ini dapat dijadikan suatu alternatif untuk memanfaatkan limbah tongkol jagung sehingga memiliki nilai yang tinggi dan ramah lingkungan karena dapat mengolah limbah menjadi suatu produk. Proses pengolahan asam asetat dari biomassa dilakukan melalui proses hidrolisis dan fermentasi. Hidrolisis bertujuan untuk memecah struktur polimer selulosa dan hemiselulosa. Selulosa akan dihidrolisis menjadi glukosa (Sawarkar et al., 2022). Glukosa yang dihasilkan akan difermentasi menjadi etanol dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Etanol kemudian difermentasi menjadi asam asetat dengan menggunakan *Acetobacter aceti*.

Urgensi pendirian pabrik asam asetat adalah dapat mengurangi limbah tongkol jagung di Kabupaten Tuban dan sekitarnya. Hal ini dikarenakan produksi jagung yang melimpah di Kabupaten Tuban mengakibatkan limbah tongkol jagung yang melimpah. Limbah tongkol jagung dengan jumlah yang banyak tentunya akan menimbulkan masalah baru jika tidak diolah. Dengan adanya konversi limbah tongkol jagung menjadi asam asetat ini tentunya akan menambah nilai ekonomi dari

limbah tongkol jagung. Dengan adanya pabrik baru yang melibatkan beberapa proses, tentunya akan melibatkan berbagai pihak yang dapat meningkatkan kesejahteraan dan meningkatkan perekonomian masyarakat Kabupaten Tuban. Pendirian pabrik ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan asam asetat di Indonesia.

1.2. Sejarah dan perkembangan

Asam asetat merupakan salah satu senyawa yang dapat ditemukan dalam bahan-bahan alami seperti buah-buahan dan susu serta hasil samping dari pembuatan bir. Asam asetat adalah senyawa turunan dari alkohol, methanol, asetaldehid dan juga n-Butana (Tim BSE, 2013). Asam asetat pertama kali ditemukan dalam pembuatan anggur namun memiliki kemurnian yang sangat rendah, dikembangkan pada abad ke-3 sebelum masehi dimanfaatkan untuk kebutuhan alkimia. Ilmuan asal Persia yang bernama Jabir Ibnu Hayyan melakukan percobaan ekstraksi dengan metode distilasi cuka dari kayu pada tahun 750M sehingga asam asetat pada masa tersebut dinamakan cuka kayu.

Revolusi pada pembuatan asam asetat terus dikembangkan dan ditemukan asam asetat yang disintesis dari zat anorganik yang ditemukan oleh Hermann Kolbe pada tahun 1847 merupakan ilmuan asal Jerman (Tadros & Ray, 2024). Pada tahun 1847, Reaksi kimia yang terjadi adalah klorinasi karbon disulfida menjadi karbon tetraklorida, diikuti reduksi menjadi tetrakloroetilen melalui dekomposisi termal, asam trikloroasetat dengan klorinasi dalam air, dan terakhir asam asetat melalui elektrolisis. Sejak tahun 1910, sebagian besar asam asetat dihasilkan dari cairan panas yang dihasilkan selama penyulingan kayu. Cairan ini bereaksi dengan kalsium hidroksida membentuk kalsium asetat, yang kemudian diasamkan dengan asam sulfat membentuk asam asetat. Saat itu, Jerman memproduksi 10.000 ton asam asetat glasial, sekitar 30% di antaranya digunakan untuk membuat pewarna nila. Produksi Asam Asetat asetat diperoleh dari beberapa proses yakni dari fermentasi alkohol, karbonilasi methanol, oksidasi asetaldehida dan proses oksidasi n-Butana.

BAB 2. PERENCANAAN PABRIK**2.1. Pemilihan Kapasitas**

Pemilihan kapasitas produksi merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kebutuhan asam asetat di Indonesia. Penentuan kapasitas digunakan untuk memprediksi kebutuhan asam asetat di Indonesia pada tahun yang akan datang. Dalam menentukan kapasitas produksi, perlu diperhatikan beberapa hal terkait proses produksi asam asetat seperti kapasitas pabrik asam asetat yang beroperasi, kebutuhan asam asetat setiap tahun di Indonesia, dan ketersediaan bahan baku. Indonesia hanya memiliki satu pabrik yang memproduksi asam asetat yaitu PT. Indo Acidatama yang memiliki kapasitas produksi 36.600 ton/tahun. Data jumlah ekspor dan impor berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) dari tahun 2020-2024 dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Data Ekspor dan Impor Asam Asetat di Indonesia

Tahun	Jumlah Ton/Tahun	
	Ekspor	Impor
2020	9,600	23079,186
2021	4,063	64298,747
2022	9,300	45926,045
2023	13,574	30513,597
2024	12,881	28506,507

Sumber: BPS, 2024

Penentuan kapasitas produksi digunakan untuk mengetahui permintaan pasar terhadap kebutuhan asam asetat. Data pada tabel 2.1 digunakan untuk menghitung kapasitas produksi pabrik yang dibangun pada tahun didirikannya pabrik. perhitungan jumlah produk yang akan diproduksi memerlukan data nilai pertumbuhan rata-rata tiap tahun pada sektor ekspor, impor, produksi, dan konsumsi. Dengan analisis data pada tabel 2.1 didapatkan nilai pertumbuhan ekspor dan impor asam asetat di Indonesia yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Pertumbuhan Ekspor dan Impor Asam Asetat di Indonesia

Tahun	Petumbuhan (%)	
	Ekspor	Impor
2020	0	0
2021	-57,670%	178,600%
2022	128,890%	-28,570%
2023	45,950%	-33,560%
2024	-5,100%	-6,580%
Rata-Rata	22,410%	21,980%

Dengan data analisi dapat dihitung jumlah produk yang dibutuhkan pada tahun 2028. Perhitungan tersebut dapat dicari dengan menggunakan rumus: (Kusnarjo, 2010)

$$F = P(1 - i)^n \quad (2.1)$$

F: Jumlah Produk pada Akhir Tahun (ton)

P: Jumlah Produk pada Tahun pertama (ton)

i: Pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

n: Selisih tahun yang diperhitungkan

Berdasarkan nilai kenaikan impor dan ekspor pada tahun 2028 dapat ditentukan dapat diprediksi kapasitas produksi asam asetat pada tahun 2028. Kapasitas produksi dapat dihitung dengan rumus: (Kusnarjo, 2010)

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5 \quad (2.2)$$

M1: Nilai impor

M2: Kapasitas pabrik lama

M3: Kapasitas pabrik baru

M4: Jumlah ekspor

M5: Konsumsi dalam negeri

$$M3 = (M4 + M5) - (M1 + M2)$$

$$M3 = (28,922 + 63105,770) - (0 + 36600)$$

$$M3 = (28,922 + 63105,77) - (0 + 36600)$$

$$M3 = 26534,689$$

Dengan perhitungan menggunakan persamaan 2.2 kapasitas pabrik diperkirakan dapat memenuhi impor pada tahun 2028 yaitu 26.534,689 ton/tahun \approx 27.000 ton/tahun.

2.2. Pemilihan Proses

2.2.1. Oksidasi Asetaldehid

Asam Asetat dapat diperoleh dengan cara mengoksidasikan asetaldehid pada fase cair. Asetaldehid dioksidasikan dengan oksigen dari udara. Gas oksigen dan acetaldehid yang tidak ikut bereaksi dimasukkan ke scrubber dengan bantuan air dari bagian atas scrubber maka terjadi pelepasan nitrogen ke atmosfer, sedangkan larutan acetaldehid akan keluar pada bagian bawah scrubber dan menuju kolom untuk direcovery (Austin, 1987).



2.2.2. Karbonilasi methanol

Karbonilasi methanol adalah pembuatan asam asetat menggunakan karbon monoksida (CO) dalam kondisi tekanan dan suhu tinggi dengan penambahan katalis (Austin, 1987). Reaksi utama dalam metode karbonilasi metanol yakni:



Proses berlangsung pada suhu 250° C dan tekanan 650 atm. Proses pembuatan asam melalui karbonilasi metanol terdapat 2 macam yakni proses BASF dan proses Monsanto:

a. BASF

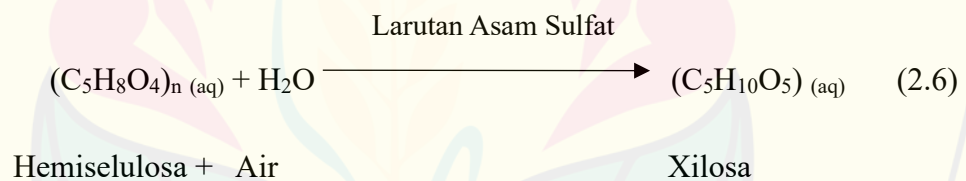
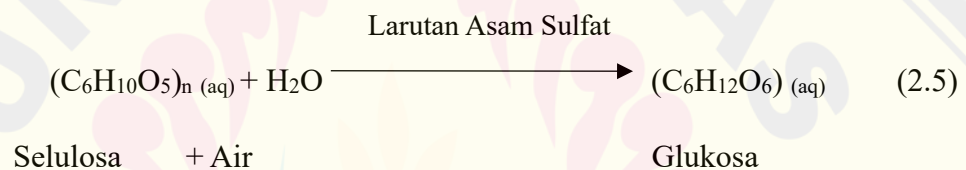
Proses BASF menggunakan katalis Cobalt Iodine dengan Asam asetat yang dihasilkan relatif lebih rendah dari proses Monsanto karena menghasilkan produk samping seperti karbon monoksida, hidrogen dan methanol. Reaksi berlangsung dalam reaktor dengan kondisi tekanan 700 atm dan suhu 250°C.

b. Monsanto

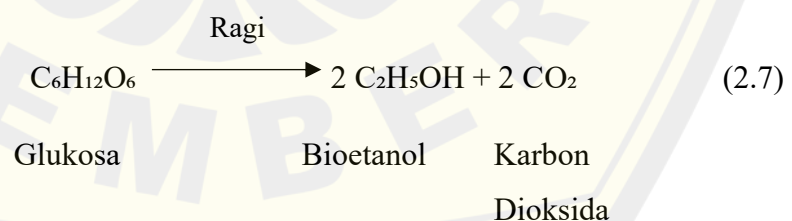
Proses Monsanto menggunakan reaktor dengan penambahan katalis Rhodium Iodine dengan suhu 175°C dan tekanan 25 atm dan dilakukan pemisahan untuk meningkatkan kemurnian produk asam asetat (Austin, 1987).

2.2.3. Fermentasi

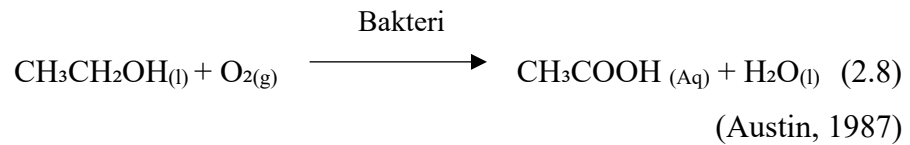
Proses pembuatan asam asetat dengan fermentasi melibatkan proses hidrolisis. Proses hidrolisis dilakukan untuk memecah polisakarida menjadi monosakarida. Ikatan biomassa dipecah dengan menggunakan katalis asam sulfat dengan tujuan memecah ikatan hemiselulosa, menghilangkan dan merusak struktur kristal selulosa menjadi glukosa. Selulosa yang terdapat didalam bonggol jagung diubah menjadi glukosa. Reaksi yang terlibat dalam proses ini adalah sebagai berikut:



Glukosa difermentasi menjadi etanol dengan bantuan ragi yaitu *Saccharomyces cerevisiae*. Berikut adalah reaksi yang terjadi:



Bioethanol kemudian akan difermentasi menjadi asam asetat dengan bantuan bakteri yaitu *Acetobacter aceti*. Reaksi yang terjadi dalam proses ini adalah sebagai berikut:



Tabel 2. 3 Perbandingan Beberapa Proses Pembuatan Asam Asetat

Kriteria	Oksidasi Asetaldehid	Karbonilasi Metanol	Fermentasi
Bahan Baku	Asetaldehid	Metanol dan CO	Tongkol Jagung
Yield	90-94%	90%	9%
Suhu	50-80°C	250°C	30°C
Tekanan	8-10 atm	650 atm	1 atm
Limbah	Sisa asetaldehid, metil asetat, aseton, air, CO ₂	Sisa Metanol, air	Air, natrium sulfat

2.3. Uraian Proses

2.3.1. Proses Pembuatan Bioetanol dari Tongkol Jagung

Proses pembuatan bioetanol dari tongkol jagung menggunakan proses hidrolisis dengan asam sulfat sebagai katalis. Penggunaan metode hidrolisis asam didasarkan pada tingginya *yield* glukosa yang dihasilkan, yaitu sekitar 75-95%. Faktor lain yang mendukung pemilihan hidrolisis asam adalah proses hidrolisis dapat berjalan pada suhu operasi yang lebih rendah yaitu pada suhu 65°C.

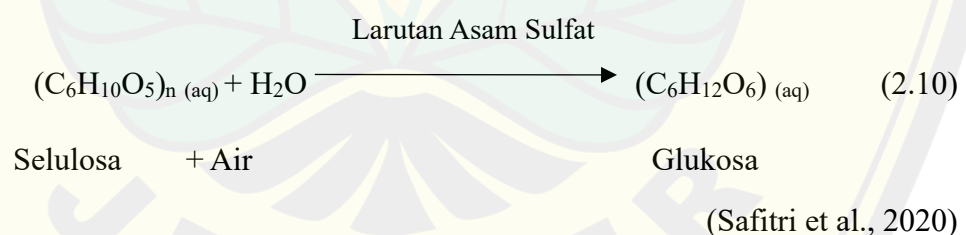
a. Tahap pretreatment

Bonggol jagung dibersihkan dari kotoran dilakukan pengeringan dengan dijemur dibawah panas matahari dan juga pengecilan ukuran yang bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan kontak ketika reaksi berlangsung kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan bahan baku. Bonggol jagung kering dari tangki penyimpanan (F-110) diangkut menggunakan belt conveyor (B-111) menuju alat penggiling grinder (CR-112). Serbuk halus diangkut menggunakan *screw conveyor* (J-113) menuju tangki *steam explosion* (X-114) dimana *steam* diinjeksi sampai tekanan menjadi 13 atm dengan suhu 191°C selama 10 menit. Ledakan menghasilkan lignoselulosa dan CO₂. Keluaran *steam explosion* dialirkan menuju

cyclone (H-115) untuk mengeluarkan uap dari proses *steam explosion*. Lignoselulosa dari *cyclone* dialirkan menuju *cooler* (E-116) untuk didinginkan dari suhu 191°C menjadi 30°C. Keluaran *cooler* (E-116) kemudian dialirkan menuju *centrifuge* (S-117). *Centrifuge* memisahkan selulosa dan lignin dari hemiselulosa. Selulosa dan lignin dialirkan menuju reaktor delignifikasi (R-220). Proses delignifikasi menggunakan pelarut NaOH (Yin & Witherspoon, 2011). Bahan baku yang telah masuk ke tangki delignifikasi selanjutnya direndam dengan menggunakan larutan NaOH 2% selama 2 jam dengan perbandingan bahan baku dan pelarut sebanyak 1:3. Proses delignifikasi dilakukan pada tekanan 1 atm dan suhu 50°C. Lignin yang telah terdegradasi membentuk garam fenolat yang akan larut didalam air sehingga dapat dipisahkan dengan selulosa (Novia et al., 2015). Substrat hasil delignifikasi dengan natrium fenolat dipisahkan dengan menggunakan *rotary drum vacum filter* (H-221). Natrium fenolat akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah.

b. Tahap Hidrolisis

Substrat dimasukkan kedalam reaktor (R-330) untuk di hidrolisis dan di tambahkan katalis asam sulfat dengan konsentrasi 5% dan air (Kuo & T., 1997), proses berlangsung selama 1 jam dengan tekanan 1 atm dilakukan pada suhu 121°C (Chang et al., 2018). Selulosa akan berubah menjadi glukosa mekanisme reaksi yang terjadi sebagai berikut:



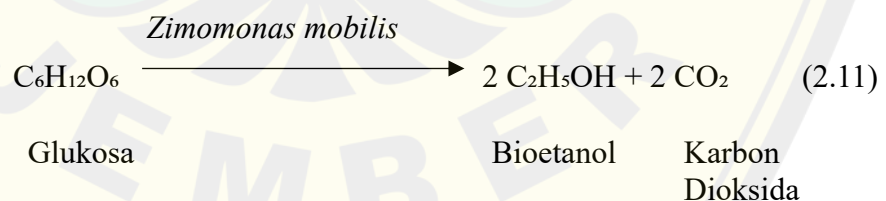
Hasil hidrolisis dipompa (L-331A) menuju *cooler* (E-332) hingga suhu 30°C. Hemiselulosa, selulosa yang tidak bereaksi menjadi residu yang mengendap dibagian bawah tangki kemudian menuju rotary vacum drum filter (H-333) untuk dipisahkan padatan dan cairan. Padatan yang tersisa diangkut menuju unit pengolahan limbah. Hidrolisat berupa glukosa yang masih mengandung asam sulfat (H_2SO_4) perlu dipisahkan dengan penambahan kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari tangki penyimpanan (F-337) dimasukkan kedalam mixer (M-334). Asam sulfat akan bereaksi menghasilkan anhidrat dan air (H_2O). Anhidrat yang dihasilkan berupa padatan sehingga dapat dipisahkan dari larutan, pemisahan dilakukan dengan menggunakan centrifuge (S-335). Glukosa dialirkan menuju tangki fermentasi (R-440).

c. Tahap Fermentasi

Penguraian gula menjadi bioetanol dan karbondioksida menggunakan ragi *Zimomonas mobilis*. Glukosa dari proses hidrolisis dialirkan menuju *Batch reactor fermentation* (R-440) dan ditambahkan ragi *Zimomonas mobilis* (F-445) kemudian di fermentasi. Proses berlangsung secara anaerob dengan suhu tekanan 1 atm yang dilakukan selama 48 jam suhu 30°C . Nutrisi mikroba ditambahkan kedalam reaktor fermentasi untuk menjaga agar proses fermentasi tetap berjalan secara kontinyu. Nutrisi berupa sumber fosfat dan nitrogen yang ditambahkan adalah KH_2PO_4 dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Hasil fermentasi berupa nutrisi mikroba dan bahan padatan dipisahkan dengan larutan menggunakan rotary drum vacuum filter (H-442). Larutan bioetanol dipisahkan dengan glukosa dan xilosa yang tidak ikut bereaksi menggunakan nanofiltrasi (MB-443). Nanofiltrasi menggunakan membran dengan ukuran $0,0005 \mu\text{m}$ memisahkan berdasarkan ukuran pori (Black, jr & Bray, 1995). Berat molekul bioetanol yang lebih rendah akan bergerak melewati membran dan glukosa akan tertahan dalam membran. Proses fermentasi menghasilkan bioetanol dengan konsentrasi 11%. Mekanisme reaksi yang terjadi yakni:

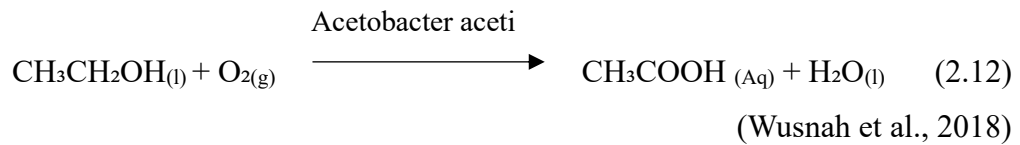


(Huda, 2017)

2.3.2. Proses Pembuatan Asam Asetat dari Bioetanol

Langkah proses pembuatan asam asetat dari bioethanol, yakni:

- a. Fermentasi bioetanol menjadi asam asetat



Produksi asam asetat menggunakan bioetanol dengan kadar 4% maka hasil fermentasi bioetanol di masukkan kedalam tangki pengenceran (M-444) dan ditambahkan air. Bioetanol dari tangki pengenceran (M-444) dialirkan menuju reaktor *batch fermentation* (R-550) untuk difermentasi menggunakan *Acetobacter aceti* (F-555) dari tangki propagasi. Fermentasi dilakukan selama 6 hari dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan pH netral (5,4-6,3). Untuk menjaga proses fermentasi terjadi secara kontinyu reaktor dilengkapi dengan pengaduk agar asupan oksigen bagi *Acetobacter aceti* tetap ada. Nutrisi yang dibutuhkan *Acetobacter aceti* berasal dari alkohol dan nitrogen, alkohol diperoleh dari etanol yang menjadi produk utama serta penambahan nutrisi (NH₄)₂SO₄ sebagai sumber nitrogen untuk bakteri. Keluaran tangki fermentasi (R-550) dimasukkan kedalam rotary drum vacuum filter (H-552) untuk memisahkan larutan dengan padatan *Acetobacter aceti* dan (NH₄)₂SO₄.

b. Pemurnian

Substrat hasil fermentasi berupa asam asetat yang masih mengandung air dipanaskan menggunakan *heater* (E-553) mencapai suhu 70°C untuk megoptimalkan proses pemisahan didalam tangki distilasi. Air dan asam asetat memiliki titik didih yang berdekatan sehingga dipisahkan menggunakan distilasi azeotrop dengan menambahkan entrainer berupa etil asetat. Etil asetat mudah menguap akan mengikat air sehingga ikut menguap menjadi produk atas hasil distilasi (D-660). Produk atas dialirkan menuju kondensor (K-663) untuk diubah menjadi liquid kemudian di recycle agar dapat digunakan kembali. Asam asetat menjadi produk bawah kemudian dipompa menuju *cooler* (C-662) dan dialirkan menuju tangki penyimpanan. Kemurnian asam asetat hasil distilasi mencapai 99%.

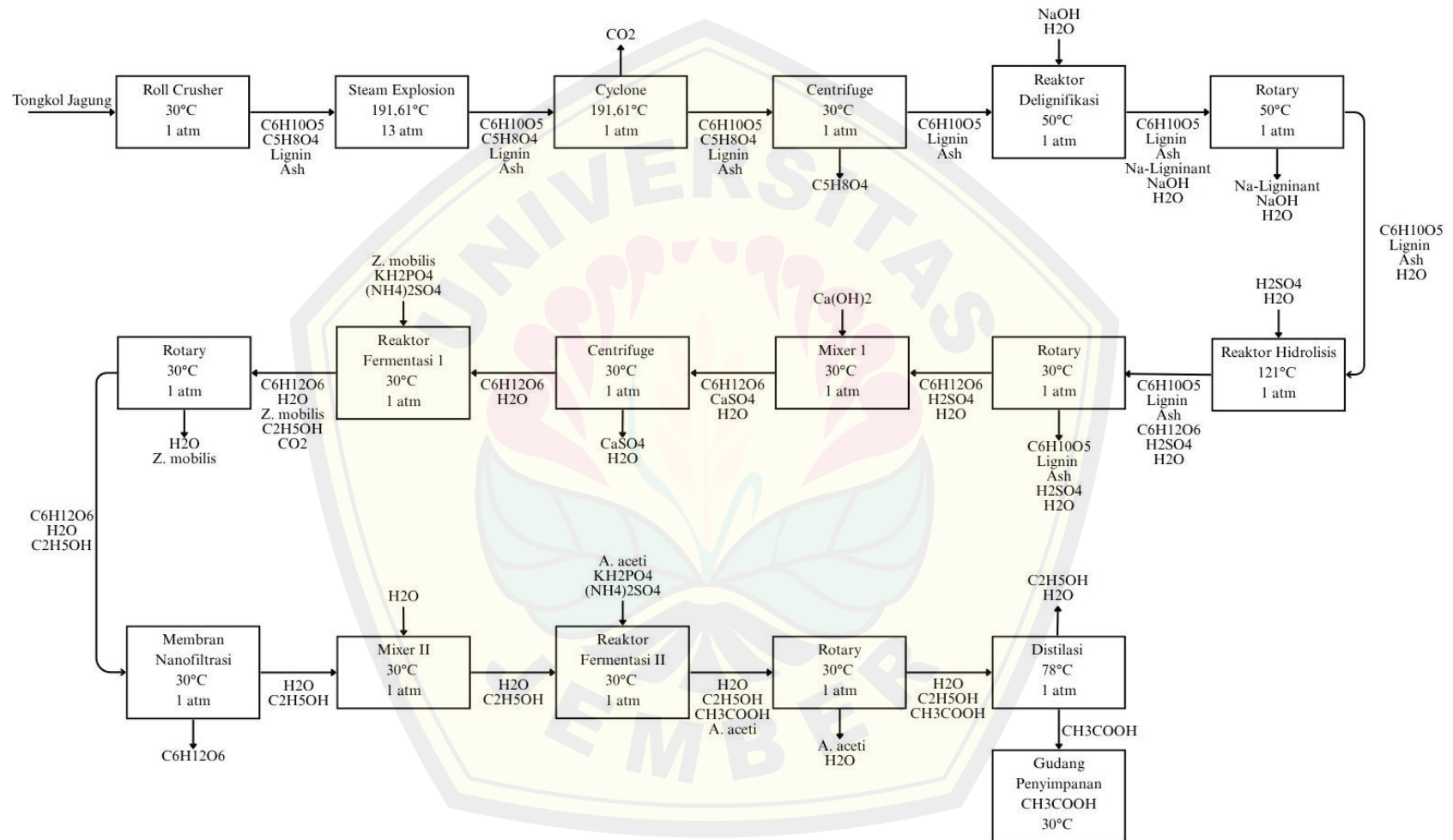
2.4. *Block Flow Diagram (BFD) dan Process Flow Diagram (PFD)*

2.4.1 *Block Flow Diagram (BFD) Pembuatan Asam Asetat*

Block flow diagram pembuatan asam asetat dari tongkol jagung dapat dilihat pada gambar 2.1.



DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER



Gambar 2. 1 Block Flow Diagram Pembuatan Asam Asetat dari Tongkol Jagung

2.4.2 *Process Flow Diagram (PFD) Pembuatan Asam Asetat*

Process flow diagram pembuatan Asam asetat dari bioetanol dapat dilihat pada gambar 2.2. (Ulrich, 1984)



2.5. Spesifikasi Bahan

2.5.1. Spesifikasi Bahan Utama dan Bahan Pendukung

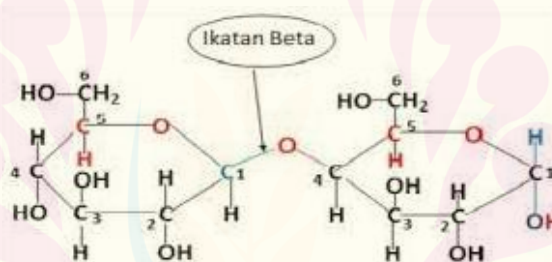
Bahan utama dan bahan pendukung yang digunakan dalam proses produksi asam asetat adalah sebagai berikut:

2.5.1.1. Tongkol Jagung

Tongkol jagung merupakan limbah produksi jagung yang sangat melimpah terutama didaerah penghasil jagung seperti Jawa Timur. Tongkol jagung merupakan salah satu biomassa lignoselulosa yang tinggi serta tersedia melimpah di Indonesia terutama provinsi Jawa Timur. Tongkol jagung memiliki kandungan selulosa 45%, hemiselulosa 35% dan lignin 15% (Fitriani et al., 2013).

a. Selulosa

Struktur selulosa dapat dilihat pada gambar 2.3 dan spesifikasi selulosa dapat dilihat pada tabel 2.4.



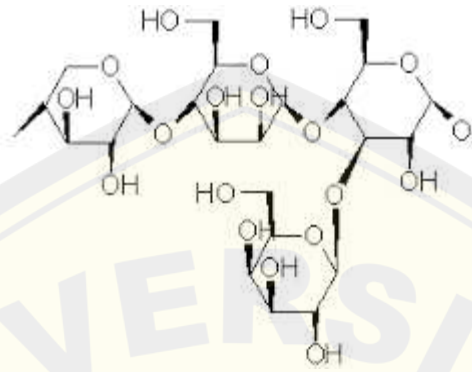
Gambar 2. 3 Struktur Kimia Selulosa ((C₆H₁₀O₅)_n)

Tabel 2. 4 Spesifikasi Selulosa ((C₆H₁₀O₅)_n)

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Larutan
Rumus kimia	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n
Berat Molekul	162,144 g/mol
Densitas	1,45 g/cm ³
Titik didih	527,1°C
Titik lebur	260-270°C
Sifat	Mudah terbakar
Harga	\$0,643/kg

b. Hemiselulosa

Struktur hemiselulosa dapat dilihat pada gambar 2.4 dan spesifikasi hemiselulosa dapat dilihat pada tabel 2.5.



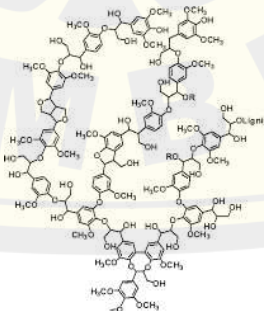
Gambar 2. 4 Struktur Kimia Hemiselulosa ((C₅H₁₀O₅)_n)

Tabel 2. 5 Spesifikasi Hemiselulosa ((C₅H₁₀O₅)_n)

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Larutan
Rumus kimia	(C ₅ H ₁₀ O ₅) _n
Berat Molekul	132,117 g/mol
Densitas	1,3-1,4 g/cm ³
Titik lebur	130-170°C
Sifat	Mudah dihidrolisis

c. Lignin

Struktur lignin dapat dilihat pada gambar 2.5 dan spesifikasi lignin dapat dilihat pada tabel 2.6.



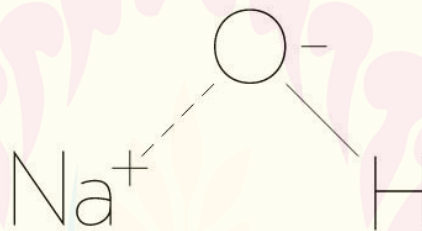
Gambar 2. 5 Struktur Kimia Lignin ((C₁₀H₁₂O₃)_n)

Tabel 2. 6 Spesifikasi Lignin ((C₁₀H₁₂O₃)_n)

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Larutan
Rumus kimia	(C ₁₀ H ₁₂ O ₃) _n
Berat Molekul	180,2 g/mol
Densitas	1,5 g/cm ³
Titik lebur	260-270°C
Sifat	Amorf

2.5.1.2. Natrium Hidroksida

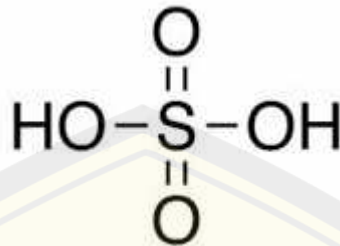
Struktur Natrium Hidroksida dapat dilihat pada gambar 2.6 dan spesifikasi natrium hidroksida dapat dilihat pada tabel 2.7.

**Gambar 2. 6** Struktur Kimia Natrium Hidroksida (NaOH)**Tabel 2. 7** Spesifikasi Natrium Hidroksida (NaOH)

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Padatan kristal berwarna putih
Rumus kimia	NaOH
Berat Molekul	39,9971 g/mol
Densitas	2,13 g/cm ³
Viskositas	40 cP
Titik didih	1.388°C
Titik lebur	323°C
pH	13
<i>Specific Heat (Cp)</i>	0,356 kkal/kg°C
Sifat	Korosif
Harga	\$0,620/kg

2.5.1.3. Asam Sulfat

Struktur Asam Sulfat dapat dilihat pada gambar 2.7 dan spesifikasi Asam Sulfat dapat dilihat pada tabel 2.8.



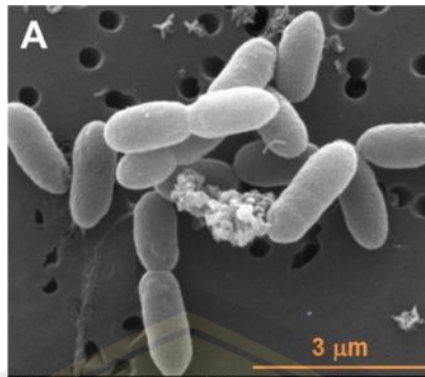
Gambar 2. 7 Struktur Kimia Asam Sulfat (H₂SO₄)

Tabel 2. 8 Spesifikasi Asam Sulfat (H₂SO₄)

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Cairan, tidak berwarna,
Rumus kimia	H ₂ SO ₄
Berat Molekul	98,078 g/mol
Densitas	1,83 g/cm ³
Viskositas	26,7 cP
Titik didih	337°C
Titik lebur	25°C
pH	0,3
<i>Specific Heat</i> (Cp)	0,198 kkal/kg°C
Sifat	Korosif
Harga	\$0,10/kg

2.5.1.4. *Zimomonas mobilis*

Struktur *Zimomonas mobilis* dapat dilihat pada gambar 2.8 dan spesifikasi *Zimomonas mobilis* dapat dilihat pada tabel 2.9.



Gambar 2. 8 Struktur *Zimomonas mobilis*

Tabel 2. 9 Spesifikasi *Zimomonas mobilis*

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Butiran padat
Berat Molekul	25,196 g/mol
<i>Specific Heat</i> (Cp)	0,336 kkal/kg°C
Sifat	Antimikroba
Harga	\$6,14/kg

2.5.1.5. *Acetobacter Aceti*

Struktur *Acetobacter aceti* dapat dilihat pada gambar 2.9 dan spesifikasi *Acetobacter aceti* dapat dilihat pada tabel 2.10.



Gambar 2. 9 Struktur *Acetobacter aceti*

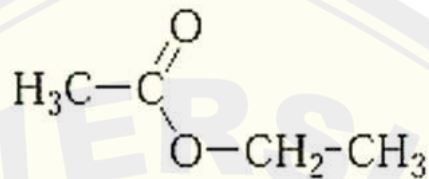
Tabel 2. 10 Spesifikasi *Acetobacter aceti*

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Butiran padat
Berat Molekul	25,196 g/mol

<i>Specific Heat (Cp)</i>	0,336 kkal/kg°C
Sifat	Asidofil
Harga	\$1,84/kg

2.5.1.6. Etil Asetat

Struktur etil asetat dapat dilihat pada gambar 2.10 dan spesifikasi etil asetat dapat dilihat pada tabel 2.11.



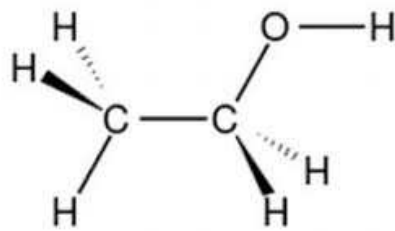
Gambar 2. 10 Struktur Molekul Etil Asetat (C₄H₈O₂)

Tabel 2. 11 Spesifikasi Etil Asetat (C₄H₈O₂)

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Padatan kristal putih, tidak berbau
Rumus kimia	C ₄ H ₈ O ₂
Berat Molekul	88,105 g/mol
Densitas	0,902 g/cm ³
Viskositas	0,426 cP
Titik didih	77,1°C
Titik lebur	-83,6°C
<i>Specific Heat (Cp)</i>	0,355 kkal/kg°C
Sifat	Mudah terbakar, iritan, larut dalam etanol
Harga	\$1,96/kg

2.5.1.7. Bioetanol

Struktur bioetanol dapat dilihat pada gambar 2.11 dan spesifikasi bioetanol dapat dilihat pada tabel 2.12.



Gambar 2. 11 Struktur Kimia Bioetanol (C₂H₅OH)

Tabel 2. 12 Spesifikasi Bioetanol (C₂H₅OH)

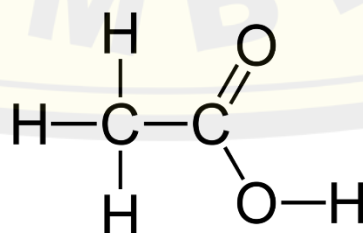
Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Larutan, tidak berwarna
Rumus kimia	C ₂ H ₅ OH
Berat Molekul	46,07 g/mol
Densitas	0,789 g/cm ³
Viskositas	1,2 cP
Titik didih	78,29°C
Titik lebur	-114,14°C
pH	7,33
<i>Specific Heat (Cp)</i>	0,571 kkal/kg°C
Sifat	Mudah terbakar, mudah menguap

2.5.2. Spesifikasi Produk Utama dan Produk Samping

Produk utama yang dihasilkan dalam proses produksi asam asetat dari tongkol jagung adalah sebagai berikut:

2.5.2.1. Asam Asetat

Struktur asam asetat dapat dilihat pada gambar 2.12 dan spesifikasi asam asetat dapat dilihat pada tabel 2.13.



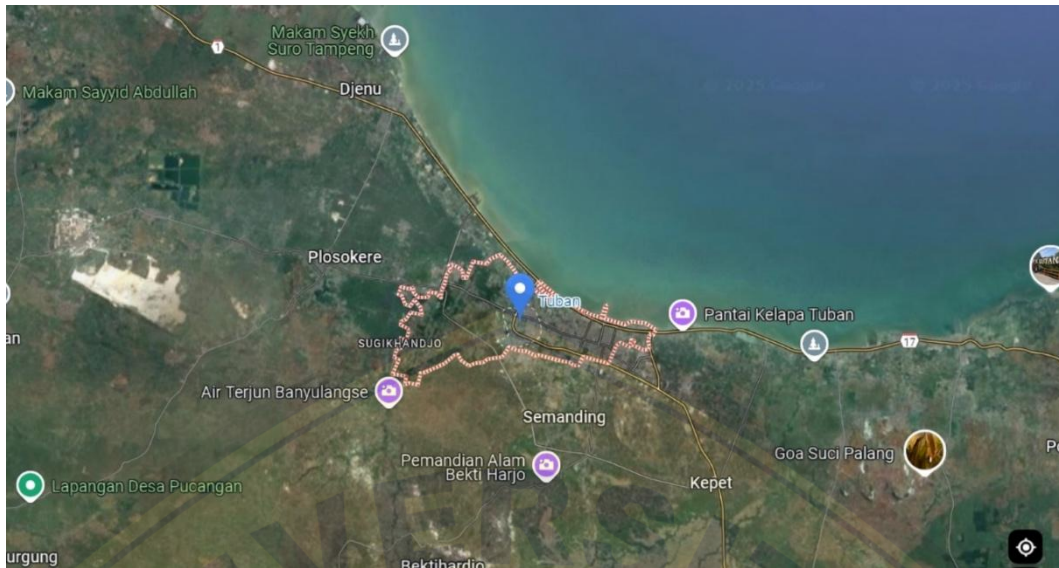
Gambar 2. 12 Struktur Kimia Asam Asetat (CH₃COOH)**Tabel 2. 13** Spesifikasi Asam Asetat (CH₃COOH)

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Cairan, tidak berwarna
Rumus kimia	CH ₃ COOH
Berat Molekul	60,05 g/mol
Densitas	1,049 g/cm ³
Viskositas	1,22 cP
Titik didih	391-392°C
Titik lebur	289-290°C
<i>Specific Heat</i> (Cp)	0,49 kkal/kg°C
Sifat	Korosif, higroskopis (menyerap air)
Harga	\$7,98/kg

2.6. Pemilihan Lokasi dan Tata Letak

2.6.1. Pemilihan Lokasi

Penentuan Lokasi pabrik dapat ditentukan dengan meninjau beberapa faktor. Faktor yang harus diperhatikan seperti, dekat dengan bahan baku, sumber air, transportasi, dan sumber listrik. Lokasi pabrik asam asetat akan dibangun di Desa Gesing, Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Hal ini dikarenakan Kabupaten Tuban merupakan salah satu kota penghasil jagung tertinggi di Jawa Timur.



Gambar 2. 13 Peta Wilayah Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur

Adapun dasar pemilihan lokasi pabrik asam asetat sebagai berikut:

1. Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan salah satu faktor yang memiliki keterkaitan erat dalam menentukan lokasi pembangunan pabrik. dekatnya Lokasi bahan baku dengan Lokasi pabrik yang akan dibangun akan meminimalisir biaya transportasi untuk distribusi bahan baku dari lahan menuju pabrik. Tongkol jagung merupakan limbah pertanian jagung yang dapat dimanfaatkan untuk diolah menjadi asam asetat. Kabupaten Tuban merupakan salah satu daerah penghasil jagung terbesar di Jawa Timur dengan hasil produksi 627.283 ton per tahun 2023.

2. Utilitas

Industri kimia tentunya memerlukan ketersediaan air untuk keberlangsungan proses pabrik. dalam pabrik asam asetat ini air digunakan untuk *steam*, air proses, air sanitasi, dan media pendingin. Kebutuhan air yang relative banyak, tentunya membutuhkan ketersediaan air. Air yang digunakan oleh pabrik asam asetat ini diambil dari Sungai Sowan yang memiliki aliran dari Sungai Bengawan Solo.

3. Pemasaran Produk

Asam asetat dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang industri, seperti tekstil, makanan, dan industri kimia lainnya. Produk yang telah diproduksi

dipasarkan ke seluruh wilayah yang ada di Indonesia. Asam asetat yang diproduksi diharapkan dapat memenuhi kebutuhan asam asetat di Indonesia dan memenuhi kebutuhan impor asam asetat dari luar.

4. Transportasi

Lokasi prarancangan pabrik asam asetat memiliki fasilitas transportasi yang cukup lengkap dan memadai. Faktor yang mempengaruhi transportasi adalah alat yang dapat digunakan untuk mengangkut bahan baku, bahan bakar, bahan pendukung, serta distribusi produk samping yang akan dihasilkan dari proses produksi.

5. Tenaga Kerja

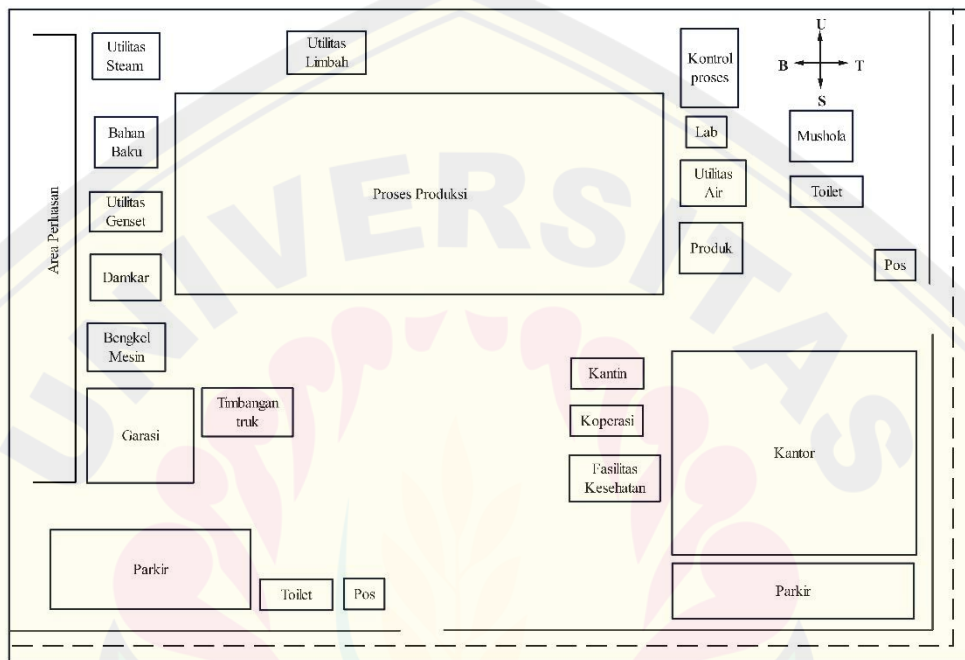
Masyarakat kabupaten memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.258.368 per tahun 2024 (BPS, 2024). Suatu pabrik yang akan dibangun tentunya membutuhkan tenaga kerja untuk membantu keberlangsungan dan keberhasilan pabrik. Tenaga kerja yang dapat dipenuhi dari daerah sekitar pabrik tentunya akan menghemat ongkos buruh pabrik. Selain itu dengan pembangunan pabrik ini dapat mengurangi nilai pengangguran di daerah Tuban. Tenaga kerja yang dibutuhkan oleh pabrik asam asetat diperoleh dari Kawasan Tuban, Jawa Timur tentunya perlu memiliki keterampilan dan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh pabrik.

2.6.2. Tata Letak (*Layout*)

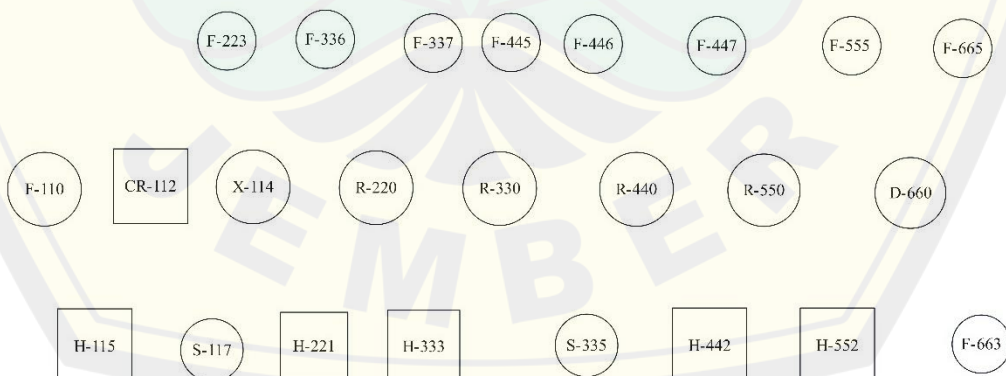
Tata letak pabrik merupakan aspek signifikan yang diperlukan pabrik untuk meningkatkan efisiensi pada proses yang mencakup peralatan, bahan dan energi. Perancangan tata letak perlu disesuaikan dengan kebutuhan pabrik sehingga kemungkinan yang dapat terjadi, kemungkinan tersebut menyangkut biaya yang diperlukan untuk konstruksi dan operasional yang diperlukan. Faktor yang diperlukan untuk mendapatkan tata letak pabrik yang baik yakni:

1. Masing-masing alat proses perlu diberikan ruang yang luas;
2. Setiap alat disusun secara berurutan satu sama lain dan sesuai dengan aliran proses;
3. Meminimalkan biaya pemasangan alat dengan mempertimbangkan manajemen sistem yang efisien;

4. Peempatan alat pemadam kebakaran pada area yang berpotensi terjadi kebakaran maupun ledakan;
 5. Alat control diletakkan pada posisi yang mudah diawasi oleh operator.
- Rincian Area tiap bagian pabrik asam asetat dapat dilihat pada gambar 2.14 dan tata letak alat proses pada gambar 2.15.



Gambar 2. 14 Tata Letak Pabrik Asam Asetat



Gambar 2. 15 Tata Letak Alat Proses Pabrik Asam Asetat

BAB 3. NERACA MASSA DAN ENERGI

3.1 Neraca Massa

Kapasitas Pabrik = 27.000 ton/tahun

Waktu Operasi = 330 hari/tahun

= 24 jam/hari

3.1.1 Belt Conveyor (B-111)

No.	Komponen	BM	Aliran Masuk		Aliran Keluar	
			1		2	
			kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
1.	Selulosa	162	103,890	16830,137	103,890	16830,137
2.	Hemiselulosa	132	99,166	13090,107	99,166	13090,107
3.	Lignin	180	31,167	5610,046	31,167	610,046
4.	<i>Ash</i>	94	19,894	1870,015	19,894	1870,015
Total			254,118	38325,465	254,118	38325,465
Massa Total			37400,305		37400,305	

3.1.2 Steam Explosion (X-115)

No.	Komponen	BM	Aliran Masuk		Aliran Keluar
			2	3	4
			kg/jam	kg/jam	kg/jam
1.	Selulosa	162	16830,137		16830,137
2.	Hemiselulosa	132	13090,107		13090,107
3.	Lignin	180	5610,046		610,046
4.	<i>Ash</i>	94	1870,015		1870,015
5.	<i>Steam</i>	18		925,16	925,16
Total			38325,465	925,16	38325,465
Massa Total			38325,465		38325,465

3.1.3 Cyclone (H-116)

No.	Komponen	BM	Aliran Masuk	Aliran Keluar	
			4	5	6
			kg/jam	kg/jam	kg/jam
1.	Selulosa	162	16830,1374	1683,014	15147,124
2.	Hemiselulosa	132	13090,1068	1309,011	11781,096
3.	Lignin	180	5610,046	561,005	5049,041
4.	<i>Ash</i>	94	1870,015	187,006	1683,014
5.	<i>Steam</i>	18	925,160	925,160	
Total			38325,465	4665,190	33660,275
Massa Total			38325,465	38325,465	

3.1.4 Cooler 1 (E-117)

No.	Komponen	BM	Aliran Masuk	Aliran Keluar
			6	7
			kg/jam	kg/jam
1.	Selulosa	162	15147,124	15147,124
2.	Hemiselulosa	132	11781,096	11781,096
3.	Lignin	180	5049,041	5049,041
4.	<i>Ash</i>	94	1683,014	1683,014
Total			33660,275	33660,275
Massa Total			33660,275	33660,275

3.2 Neraca Energi

3.2.1 Steam Explosion (X-115)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran	ΔH (kJ/kg)	Aliran	ΔH (kJ/kg)
$\Delta H1$	2093,998	$\Delta H2$	69776,215
<i>Q Steam</i>	95719,492	<i>Q Steam</i>	28037,275
Total	97813,490	Total	97813,490

3.2.2 Cyclone (H-116)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran	ΔH (kJ/kg)	Aliran	ΔH (kJ/kg)
$\Delta H1$	69776,215	$\Delta H2$	6977,6215
		$\Delta H3$	62798,594
<i>Q Steam</i>	28037,275	<i>Q Steam</i>	28037,275
Total	97813,490	Total	97813,490

3.2.3 Cooler I (E-117)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran	ΔH (kJ/kg)	Aliran	ΔH (kJ/kg)
$\Delta H1$	62798,594	$\Delta H2$	1884,599
$\Delta H3$	15228,499	$\Delta H4$	76142,49
Total	78027,092	Total	78027,092

3.2.4 Centrifuge I (S-118)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran	ΔH (kJ/kg)	Aliran	ΔH (kJ/kg)
$\Delta H1$	1884,599	$\Delta H2$	1027,150
$\Delta H3$	502735,002	$\Delta H4$	503592,451
Total	504619,601	Total	504619,601

BAB 4. SPESIFIKASI ALAT

4.1 Gudang Penyimpanan Tongkol Jagung (F-110)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode	F-110	
Fungsi	Tempat Penyimpanan Bahan Baku Tongkol Jagung	
Jenis	Gudang persegi empat tegak, lantai rata dan atap meruncing	
Bahan	Dasar Beton, Tiang Baja, dan Atap Asbestos	
Jumlah	1	unit
Volume	12175,533	m ³
Kapasitas	13464109,890	kg
Waktu tinggal	15	hari
Lebar (W)	14	m
Panjang (L)	29	m
Tinggi (H)	14	m

4.2 Belt Conveyor (B-111)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode	B-111	
Fungsi	Mengangkut tongkol jagung dari gudang penyimpanan	
Bahan Konstruksi	Stainless Steel	
Massa bahan	37400,310	ton/jam
Kemiringan	10	derajat
Lebar Belt	36	inch
Kecepatan	807,782	ft/min
Panjang (L)	101,544	ft
Tinggi (H)	64,836	ft
Daya Total	6,989	HP

4.3 Roll Crusher (CR-112)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode	CR-112	
Fungsi	Menghaluskan tongkol jagung	
Bahan Konstruksi	Carbon Steel	
Kapasitas	20,880	ton/jam
Daya	8	HP

4.4 Screw Conveyor (J-113)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode	J-113	
Fungsi	Transportasi tongkol jagung halus ke Steam Explosion	
Bahan Kontruksi	Carbon Steel	
Kapasitas	59718,730	ft ³ /min
Daya	8994,913	HP

4.5 Steam Explosion (X-114)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode	X-114	
Fungsi	Tempat pemisahan Selulosa dengan Hemiselulosa	
Jenis	Reaktor berekanan berbentuk silinder	
Bahan	Dasar Beton, Tiang Baja, dan Atap Asbestos	
Jumlah	1	unit
Volume	4040,069	ft ³
Kapasitas	1285074,480	kg/jam
Waktu tinggal	0,250	jam
Diameter vessel (d)	13,343	ft
Volume tutup bawah (V1)	621,549	ft ³
Volume silinder (V2)	2796,971	ft ³
Volume bagian atas (V3)	621,549	ft ³
Volume total (Vt)	4040,069	ft ³
tinggi tutup atas (ha)	6,671	ft
tinggi tutup bawah (Hb)	6,671	ft
Tinggi vessel (Ls)	20,014	ft
Tinggi total (Lt)	33,357	ft

4.6 Cyclone (H115)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode	H-115	
Fungsi	Memisahkan Steam dari tongkol jagung setelah proses steam explosio:	
Bahan Konstruksi	Carbon Steel SA-240 Grade A	
Tipe	High gas rate cyclone	
Kapasitas	37400,305	ton/jam
Tekanan	13,000	atm

Suhu	191,610	°C
Diameter Cyclone	0,480	m
Lebar saluran masuk	0,180	m
Tinggi saluran masuk	0,360	m
Diameter saluran masuk	0,360	m
Diameter saluran debu	0,180	m
Panjang badan cyclone	0,720	m
Panjang hopper cyclone	1,200	m
Total panjang cyclone	1,920	m
Flowrate	0,031	m ³ /s
Pressure drop cyclone	23,973	milibar
Power	0,120	HP

4.7 Centrifuge 1 (S-117)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode	S-117	
Fungsi	Memisahkan padatan dari larutan output reaktor steam	
Jumlah	1	
Tipe	<i>Helical Conveyor</i>	
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	
Suhu	30	°C
Tekanan	1	atm
Kapasitas	134338	kg/jam
Diameter <i>bowl</i>	24	in
<i>Speed</i>	3000	rpm
Filtrat <i>output</i>	115394	kg/jam
<i>Cake output</i>	18943,7	kg/jam
<i>Daya</i>	125	Hp

4.8 Screw Conveyor 2 (J-118)

Spesifikasi	Keterangan	
Kode	J-118	
Fungsi	Memindahkan tongkol jagung dari Centrifuge ke tangki delignifikasi	
Bahan Kontruksi	Carbon Steel	
Kapasitas	18.944	kg/jam
Daya	11402094 3/4	HP

4.9 Tangki Penyimpanan Natrium Hidroksida (NaOH) (F-223)

Spesifikasi	Keterangan	
Kapasitas	266,460	ft ³
Kode	F-223	
Fungsi	Tempat Penyimpanan NaOH	
Bentuk	Tangki Silinder dengan tutup atas <i>dished head</i>	
Diameter	60	ft
Tinggi Tangki	60	ft
Tebal Tangki	0,573	in
Tebal Tangki	0,513	in
Tebal Head		in
Sudut conical	110	derajat
Bahan	Carbon Steel SA-240 Grade A	
Jumlah	1	Buah

BAB 5. EVALUASI EKONOMI

5.1 Total Modal

Total Capital Investment (TCI) merupakan nilai atau jumlah dana yang diperlukan untuk mendirikan suatu pabrik. Total modal yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Total Capital Investment (TCI)

No.	Komponen	Nilai
1.	Fixed Capital Investment (FCI)	Rp444.501.658.021
2.	Working Capital Investment (WCI)	Rp49.389.073.113
	Total	Rp493.890.731.135

5.2 Ongkos Produksi

Total Production Cost (TPC) adalah biaya produksi yang dibutuhkan untuk membangun pabrik. ongkos produksi yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Total Production Cost (TPS)

No.	Komponen	Nilai
1.	Manufacturing Cost (MC)	Rp2.989.033.030.756
2.	General Expenses (GE)	Rp234.261.684.342
	Total	Rp3.223.294.715.098

5.3 Keuntungan

Keuntungan adalah tujuan utama pendirian suatu pabrik. Keuntungan diperoleh dari perhitungan laba kotor dan laba bersih. Keuntungan yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Keuntungan

No.	Komponen	Nilai
1.	Net Profit Before Tax (NPBT)	Rp300.984.900.901
2.	Net Profit After Tax (NPAT)	Rp225.738.675.676

5.4 Lama Waktu Pengembalian Modal

Pay Out Time atau lama waktu pengembalian modal merupakan waktu yang dibutuhkan suatu pabrik untuk mengembalikan sejumlah modal yang digunakan selama pendirian pabrik. waktu maksimal yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal adalah 10 tahun. Lama waktu pabrik ini untuk mengembalikan modal dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Lama Waktu Pengembalian Modal

No.	Komponen	Nilai
1.	<i>Pay Out Time</i> (POT)	2,059 tahun

5.5 Laju Pengembalian Modal

Laju pengembalian modal adalah rasio untung atau rugi investasi disbanding dengan uang yang diinvestasikan. Laju Pengembalian Modal dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Laju Pengembalian Modal

No.	Komponen	Nilai
1.	<i>Rate of Return</i> (ROR)	46%
2.	<i>Discounting Cash Flow Rate of Return</i> (DFC-ROR)	54%

5.6 Break Event Point (BEP)

Break Event Point (BEP) disebut juga sebagai titik impas yang harus dicapai agar seluruh pinjaman terbayar. Nilai BEP dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Nilai *Break Even Point*

No.	Komponen	Nilai
1.	<i>Break Event Point</i> (BEP)	50%

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan yang terdapat pada enam (6) bab sebelumnya, maka dapat diambil Kesimpulan:

1. Pabrik Asam Asetat Glasian berlokasi di Kabupaten Tuban Provinsi Jawa Timur.
2. Pabrik Asam Asetat Glasial ini memiliki kapasitas produksi sebesar 27.000 ton/tahun dengan bahan baku tongkol jagung.
3. Bentuk badan usaha direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan 209 orang.
4. Evaluasi Ekonomi diperoleh:
 - Total modal = Rp493.890.731.135
 - Ongkos produksi = Rp3.223.294.715.098
 - Keuntungan = Rp225.738.675.676
 - Lama waktu pengembalian modal = 2,059 tahun
 - Laju pengembalian modal = ROR (46%), DCF-ROR (54%)
 - *Break Event Point* (BEP) = 50%
5. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik asam asetat dari tongkol jagung dengan kapasitas 27.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

6.2 Saran

Saran untuk pabrik asam asetat glasial adalah diharapkan dapat mengembangkan lagi proses produksi untuk menghasilkan asam asetat yang lebih murni, dan dapat memanfaatkan limbah yang dihasilkan untuk mendapatkan nilai jual.

DAFTAR PUSTAKA

- Austin, G. T. (1987). *Shreve's Chemical Process Industries*.
- Black, jr, H. F., & Bray, R. G. (1995). Sugar Separation From Juice And Product Thereof. *United States Patent*.
- Brownell, L. E., & Edwin H. Y. (1959). *Process Equipment Design*.
- Chang, J. K.-W., Duret, X., Berberi, V., Zahedi-Niaki, H., & Lavoie, J.-M. (2018). Two-step thermochemical cellulose hydrolysis with partial neutralization for glucose production. *Frontiers in Chemistry*, 6(APR), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00117>
- Fitriani, Bahri, S., & Nurhaeni. (2013). Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea Mays*) dari Hasil Proses Delignifikasi. *Journal of Nature Science*, 2(3), 66–74.
- Fogler, H. S. (2018). *Essentials of Chemical Reaction Engineering*.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operation*, 3th.
- Gopani, N., & Bhargava, A. (2011). *Design of High Efficiency Cyclone for Tiny Cement*, 2(5).
- Huda, N. (2017). Proses Pembuatan Bioethanol. *Kemendikbud*, 1–61.
- Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer*.
- Kunusa, W. R. (2017). Kajian Tentang Isolasi Selulosa Mikrokrystalin (SM) dari Limbah Tongkol Jagung. *Jurnal Entropi*, 12(1), 105–108.
- Kuo, C. M., & T., B. R. (1997). Process For The Manufacture Of Cellulose Acetate. *United States Patent*, 19.
- Kusnarjo. (2010). Desain Pabrik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Statistik Daerah Kecamatan Kartasura Tahun, II(1)*, 17–18.

- Kusuma, A. R., & Putra, P. (2021). *Prarancangan Pabrik Asam Asetat Dari Butana Kapasitas 55.000 Ton/Tahun*.
- Luttrell, W. E. (2012). Acetic acid. *Journal of Chemical Health and Safety*, 19(6), 37–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jchas.2012.09.008>
- Mujtaba, M., Fraceto, L. F., Fazeli, M., Mukherjee, S., Savassa, S. M., Araujo de Medeiros, G., do Espírito Santo Pereira, A., Mancini, S. D., Lipponen, J., & Vilaplana, F. (2023). Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: a review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics. *Journal of Cleaner Production*, 402(November 2022), 136815. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136815>
- Ninasafitri, Ole, M. A. N., Najmah, Sari, M. W., Niati, S. M., Putri, S. D. E., Marlina, L., Nurfiansyah, Kusmendar, Arviani, Asnawi, I., & Cengristitama. (2024). *Kimia Industri*.
- Novia, N., Khairunnas, & Purbojoyi, G. T. (2015). Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida Saat Pretreatment Dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Dari Daun Nanas. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(3), 14–24.
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th*.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. International Edition.
- Safitri, R., Dwi Anggita, I., Safitri, F. M., Agung, D. A., & Ratnadewi, I. (2020). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dalam Proses Hidrolisis Selulosa dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*) untuk Produksi Bioetanol. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 1–5.
- Sawarkar, A. N., Kirti, N., Tagade, A., & Tekade, S. P. (2022). Bioethanol from various types of banana waste: A review. *Bioresource Technology Reports*, 18, 101092. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101092>

- Tadros, M., & Ray, S. D. (2024). Acetic acid. In P. Wexler (Ed.), *Encyclopedia of Toxicology (Fourth Edition)* (Fourth Edition, pp. 61–66). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824315-2.00802-2>
- Tim BSE. (2013). *Kimia Organik*. 258.
<http://repositori.kemdikbud.go.id/id/eprint/8813>
- Ulrich, G. D. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. 484.
- Walas, S. M. (1988). *Chemical Process Equipment, Selection and Design*.
- Wusnah, Meriatna, & Lestari, R. (2018). Pembuatan Asam Asetat dari Air Cucian Kopi Robusta dan Arabika dengan Proses Fermentasi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(1), 61. <https://doi.org/10.29103/jtku.v7i1.1169>
- Yaws, C. L. (1997). *Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety*.
- Yin, C., & Witherspoon, K. (2011). (12) *United States Patent*. 2(12).

Lampiran



https://drive.google.com/drive/folders/1eGtRDDntVJ8dHsTHR-XD88WfmSZTRLE1?usp=drive_link

