

**PRARANCANGAN PABRIK *T-BUTYL ALCOHOL* DARI
ISOBUTENE DAN *WATER***

DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Tugas Khusus

Perancangan Reaktor (RE-201)

(Skripsi)

Oleh :

EKA NUR'AINI (1815041001)



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

**PRARANCANGAN PABRIK *T-BUTYL ALCOHOL* DARI
ISOBUTENE DAN *WATER***

DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Tugas Khusus

Perancangan Reaktor (RE-201)

Oleh:

EKA NUR'AINI

1815041001

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
Sarjana Teknik

Pada
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK
PRARANCANGAN PABRIK T-BUTYL ALCOHOL DARI ISOBUTENE
DAN WATER DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh
EKA NUR'AINI

Pabrik *t-Butyl Alcohol* berbahan baku *Isobutene* dan *Water* direncanakan untuk didirikan di Kecamatan Kragilan, Serang, Banten. Pendirian pabrik ini didasarkan atas kebutuhan dalam negeri yang setiap tahun terus mengalami peningkatan dan belum tersedianya pabrik yang memproduksi *t-Butyl Alcohol*.

Pabrik direncanakan memproduksi *t-Butyl Alcohol* sebanyak 35.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah *Isobutene* sebanyak 3.414,383 kg/jam dan *Water* sebanyak 1.205,930 kg/jam.

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik *t-Butyl Alcohol* terdiri dari unit pengolahan dan penyediaan air, unit penyedia steam, unit penyedia udara tekan dan unit pembangkit tenaga listrik. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line and staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 182 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) =	Rp 456.357.646.030,29
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) =	Rp 114.089.411.507,57
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) =	Rp 570.447.057.537,86
<i>Break Even Point</i>	(BEP) =	45,25 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) =	28,11 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b =	1,788 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a =	2,139 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b =	36,75 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a =	29,40 %
<i>Interest Rate of Return</i>	(IRR) =	44,66 %

Mempertimbangkan paparan diatas, sudah selayaknya pendirian pabrik *t-Butyl Alcohol* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan memiliki masa depan yang baik.

ABSTRACT

PREDESIGN OF T-BUTYL ALCOHOL FROM ISOBUTENE AND WATER WITH CAPACITY 35.000 TONS/YEARS

(Reactor Design (RE-201))

By

EKA NUR'AINI

A *t-Butyl Alcohol* plant made from *Isobutene* and *Water* will be established in Kragilan District, Serang, Banten. The established of the factory was based on domestic demand that increased every year and absence of a factory producing *t-Butyl Alcohol*.

This plant is planned to produce 35.000 tons/year of *t-Butyl Alcohol*, with an operating time of 24 hours/day, 330 days/year. The plant required 3.414,383 kg/hour of *Isobutene* and 1.205,930 kg/hour of *Water*.

The *t-Butyl Alcohol* plant also require various utilities, including water treatment and supply system, steam supply system, compressed air supply system and power generation system. Labor needed in this plant as many as 182 people with a bussiness entity form Limited Liability Company (PT) with line and staff organizational structure.

The economic analysis shows the following result:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) =	Rp 456.357.646.030,29
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) =	Rp 114.089.411.507,57
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) =	Rp 570.447.057.537,86
<i>Break Even Point</i>	(BEP) =	45,25 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) =	28,11 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b =	1,788 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a =	2,139 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b =	36,75 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a =	29,40 %
<i>Interest Rate of Return</i>	(IRR) =	44,66 %

By considering the summary, it is proper establishment of *t-Butyl Alcohol* plant for studied further, because the plant is profitable and has good prospects future.

Judul Skripsi

: PRARANCANGAN PABRIK *t*-BUTYL

ALCOHOL DARI ISOBUTENE DAN WATER

DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

(Perancangan Reaktor (RE-201))

Nama Mahasiswa

: Eka Nur' Aini

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1815041001

Program Studi

: Teknik Kimia

Fakultas

: Teknik



Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.

NIP. 196809021997122005

Yuli Darni, S.T., M.T.

NIP. 197407122000032001

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

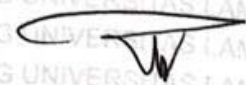
Yuli Darni, S.T., M.T.

NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.



Sekretaris : Yuli Darni, S.T., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Joni Agustian, S.T., M.Sc. IPM.



Bukan Pembimbing II : Muhammad Haviz, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Desember 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Februari 2024



Eka Nur'Aini

NPM. 1815041001

RIWAYAT HIDUP



Eka Nur'Aini, penulis laporan skripsi ini dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 25 Mei 2000, putri pertama dari pasangan Bapak Subandi Harto Prayitno dan Ibu Zulaiha.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Rajabasa Raya pada tahun 2012, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Al-Kautsar pada tahun 2015 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Al-Kautsar pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Staff Departemen Edukasi Divisi SCET (*Study of Chemical Engineering Tools*) sejak tahun 2018 sampai dengan 2020 dan menjabat sebagai Sekretaris Departemen Edukasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2020. Serta sebagai Staff Dinas Internal dan Advokasi sejak tahun 2019 sampai dengan 2020, dan Staff Dinas Advokasi dan Kesejahteraan Mahasiswa (ADVOKESMA) Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Lampung (BEM FT Unila) Periode 2021.

Pada tahun 2021, penulis melaksanakan penelitian dengan Judul “*Treatment* Dua Tahap Lignoselulosa dari Tongkol Jagung dengan Variasi *Liquor* dan Waktu Iradiasi Gelombang Mikro”. Selain itu, penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Banjar Negeri, Natar, Lampung Selatan dan melakukan Kerja Praktik (KP) di PT. Buma Cima Nusantara Unit Cinta Manis pada tahun 2021 dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Juice Heater I*”

Motto dan Persembahan

In the Name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah : 5-6)

“Cukuplah Allah menjadi pelindung dan cukuplah Allah menjadi penolong (bagimu)”

(Q.S. An-Nisa : 45)

“DON'T BE SAD THAT ALLAH IS WITH US”

(Q.S. At-Taubah : 40)

“Perjalananmu mungkin terasa berat, tapi percayalah bahwa di setiap perjalananmu Allah akan kirimkan orang-orang baik disampingmu”

(Eka Nur'Aini)

Untuk siapapun kamu yang sedang berjuang,

Setiap kita punya hambatan skripsi yang berbeda. Ada yang terkendala karena kemampuannya. Ada yang mungkin terkendala karena dosennya. Ada yang terkendala karena finansialnya. Ada yang terkendala karena administrasi kampusnya. Hal tersebut pula yang membuat waktu selesai tiap orang berbeda.

Curang sekali jika kita membandingkan proses kita dengan orang lain. Jelas langkah awalnya berbeda, kendalanya berbeda, dan titik sampainya pun pasti tak sama.

Jangan banyak penyesalan. Jangan terlalu banyak membandingkan dirimu ketika kamu sudah melakukan hal terbaik yang bisa dilakukan. Mari berikan dirimu sedikit tepukan, pelukan, dan yakinkan bahwa dirimu tetap berharga sebagai dirinya apa adanya.

Dengan mengucap syukur kepada Allah SWT,

Kupersembahkan karya kecilku ini kepada:

*Kedua orang tuaku, Bapak dan Ibu tercinta,
Alhamdulillah terimakasih untuk segala bentuk kasih dan sayang yang
hingga detik ini masih senantiasa tercurah untuk putrimu ini.*

Adik-adikku,

Alhamdulillah terimakasih untuk do'a dan dukungannya selama ini.

Sahabat-sahabatku tersayang,

Terimakasih selalu ada dan menemani dengan setulus hati.

Para pengajar sebagai tanda hormatku,

Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini

*Serta kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,
semoga dapat berguna dikemudian hari.*

SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik *t-Butyl Alcohol* dari *Isobutene* dan *Water* dengan Kapasitas 35.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Penanggung Jawab Mata Kuliah Tugas Akhir, yang telah memberikan saran dan motivasi terkait tugas akhir ini.
3. Ibu Elida Purba, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah sabar dalam membimbing, serta memberikan arahan, motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah sabar dalam membimbing, serta selalu memberikan arahan positif dan membangun.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Joni Agustian, S.T., M.Sc., IPM. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan kritik, saran yang sangat amat membangun demi memastikan pemahaman dalam pengerjaan tugas akhir ini.
6. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah begitu pengertian, sabar, membimbing dan selalu memberikan motivasi semangat agar tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

7. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bantuan yang telah diberikan selama masa studi. Semoga dapat menjadi bekal untuk terus berkembang di masa depan.
8. Dua orang paling berjasa dalam hidupku, Ibu Zulaiha dan Bapak Subandi. Terimakasih mah, yah, atas segala cinta dan kasih sayang yang kalian berikan. Terimakasih atas segala kesabaran, pengertian dan juga kepercayaan yang kalian berikan kepada anakmu ini. Terimakasih untuk segala pengorbanan tanpa lelah mamah dan juga ayah untuk selalu memberikan pendidikan yang terbaik untuk anak-anaknya. Terimakasih untuk segala doa paling mustajab di dunia ini yang tidak henti-hentinya kalian doakan sepanjang waktu, Terimakasih atas segala nasihat terbaik untuk selalu melibatkan Allah dalam setiap proses perjalanan hidup ini. Terimakasih untuk selalu mendukung segala keputusan dan juga pilihan hidup anak-anaknya. Terimakasih mah, yah sudah mau menunggu anakmu ini lulus kuliah walaupun mungkin sedikit terlambat, InsyaAllah mba akan terus memberikan yang terbaik, menjadi kebanggaan kalian, sukses dunia dan akhirat, serta selalu menjaga nama baik keluarga dimanapun berada. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, kebaikan, dan kemudahan kepada mamah dan ayah, Aamiin Ya Rabbal Alamin.
9. Adikku, M. Fitra Fatahillah Ilham. Terimakasih atas segala kesabaran dan pengorbanannya untuk menunggu mba-mu ini lulus. Terimakasih sudah mau direpotkan atas banyak hal, Terimakasih untuk selalu memberikan semangat, doa serta dukungan yang sangat luar biasa. Semoga kita berdua bisa menjadi anak-anak yang membanggakan untuk mamah dan ayah.
10. Maria Fransisca Vabylita, selaku partner dari segala partnerku ditekkim mulai dari Penelitian, Kerja Praktik, dan Tugas Akhir. Terimakasih karena mau berproses dan ber-*progress* bersama dalam menjalankan tugas besar kita di perkuliahan ini. Terimakasih untuk segala suka dan duka yang mungkin bakal panjang untuk diceritain ke anak cucu kita kelak. Terimakasih untuk segala kesabaran, pengertian dan kebaikan kamu yang sangat besar, *you are the best partner ever*.

11. Nitha Arsyia Putri, Terimakasih untuk tidak bosan dan selalu mendengarkan cerita dan keluh kesahku ya tong. Terimakasih buat selalu meyakinkan aku untuk tidak menyerah, *you are my best support system*.
12. Cecan Tekkim-ku. Terimakasih kepada Cece, Nitong, Bujenk, dan Cici yang telah memberikan banyak dukungan yang amat berarti. Terimakasih untuk mau berbagi segala keluh kesah bersama, Terimakasih sudah membuktikan bahwa seberat apapun perjalanan hidup ini, pasti Allah akan kirimkan orang-orang baik juga disampingnya, terimakasih sudah menjadi "*best gift from god*", punya kalian dikehidupan pertekkiman ini adalah rasa syukur yang amat besar. Semoga Allah SWT selalu memberikan kelancaran kepada kalian semua serta segala hal-hal baik selalu menyertai kalian, Aamiin.
13. Teman-teman Angkatan 2018 Teknik Kimia yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih banyak untuk waktu yang tidak sebentar ini yaitu 5,5 tahun atas segala bantuan, dukungan, motivasi dan juga pelajaran hidup yang berarti bagi penulis. Terimakasih sudah kebersamaan dalam banyak hal selama penulis berada di Teknik Kimia. Semoga Allah SWT selalu memberikan kemudahan dan hal-hal baik selalu menyertai kalian semua dimanapun kalian berada. InsyaAllah kita semua dimasa depan akan menjadi anak-anak bangsa yang sukses dan membanggakan, Aamiin.
14. Teman-teman KKN Banjar Negeri (Nitong, Cece, Cici, Bujenk, Dindin, Copi, Mira, Intan, Umi Salma, Valdy, Amir, Ammar, Fandy, Arlend, Ariq) untuk segala bentuk dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat bertahan sampai dengan hari ini.
15. Semua pihak lainnya yang telah membantu dan mendo'akan kebaikan untuk penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
16. Terakhir, Terimakasih kepada diriku sendiri, Eka Nur'Aini. Apresiasi yang amat besar untukmu karena mampu bertanggung jawab dan menyelesaikan apa yang telah kamu mulai. Terimakasih ya, atas segala kerja keras dan perjuanganmu yang amat luar biasa ini. Terimakasih sudah berani, walau terkadang masih sedikit cengeng. Terimakasih sudah mau berproses menjadi manusia yang lebih baik. Terimakasih untuk terus bersemangat dan

17. memutuskan untuk tidak menyerah, Terimakasih untuk bahu yang luas dan pijakan kaki sekuat baja yang mampu menahan banyakya kerikil-kerikil besar diperjalananmu kali ini, kamu hebat. Mari istirahat sebentar dan lanjutkan kembali perjalanan kita dengan lebih baik lagi kali ini. InsyaAllah Allah akan mudahkan selalu langkah kita kedepannya, Aamiin.

Bandar Lampung, 12 Februari 2024

Penulis,

Eka Nur'Aini

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	x
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk.....	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	3
1.4 Analisis Pasar.....	3
1.5 Kapasitas Pabrik.....	6
1.6 Lokasi Pabrik	7
II. DESKRIPSI PROSES	
2.1 Jenis-Jenis Proses.....	11
2.2 Pemilihan Proses.....	12
2.3 Uraian Proses	31
III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	
3.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama.....	34
3.2 Spesifikasi Bahan Baku Penunjang	46
3.3 Spesifikasi Produk	49
IV. NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	
4.1 Neraca Massa	57
4.2 Neraca Panas.....	63
V. SPESIFIKASI ALAT	
5.1 Spesifikasi Peralatan Proses.....	71
5.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas	105
VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	
6.1 Unit Pendukung Proses.....	150
6.2 Unit Laboratorium	169
6.3 Instrumentasi dan Pengendalian Proses	172

VII. LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1	Lokasi Pabrik	175
7.2	Tata Letak Pabrik	178
7.3	Estimasi Area Pabrik	182
7.4	Tata Letak Peralatan Proses	183

VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI PERUSAHAAN

8.1.	<i>Project Master Schedule</i>	186
8.2.	Bentuk Perusahaan	188
8.3.	Struktur Organisasi Perusahaan	191
8.4.	Tugas dan Wewenang	194
8.5.	Status Karyawan dan Sistem Penggajian	201
8.6.	Pembagian Jam Kerja Karyawan	202
8.7.	Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan	204
8.8.	Kesejahteraan Karyawan	208

IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1	Investasi	211
9.2	Evaluasi Ekonomi	215
9.3	Angsuran Pinjaman	218
9.4	<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	218

X. KESIMPULAN DAN SARAN

10.1	Kesimpulan	220
10.2	Saran	220

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (NERACA MASSA)

LAMPIRAN B (NERACA PANAS)

LAMPIRAN C (SPESIFIKASI ALAT)

LAMPIRAN D (UTILITAS)

LAMPIRAN E (INVESTASI EKONOMI)

LAMPIRAN F (TUGAS KHUSUS)

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Harga Bahan Baku, Katalis dan Produk.....	3
Tabel 1.2. Data Impor <i>t-Butyl Alcohol</i> di Indonesia.....	4
Tabel 1.3. Perusahaan di China yang Memproduksi <i>t-Butyl Alcohol</i>	6
Tabel 2.1. Harga Produk, Bahan Baku dan Katalis.....	12
Tabel 2.2. Data Panas Pembentukan Standar ($\Delta H^{\circ F}$) Pada Suhu 25°C	22
Tabel 2.3. Data Konstanta A, B, C, D untuk Cp Cair dalam kJ/Kmol.....	22
Tabel 2.4. Data Energi Bebas Gibbs ($\Delta G^{\circ F}$) Pada Suhu 25°C.....	27
Tabel 2.5. Perbandingan Proses Produksi <i>t-Butyl Alcohol</i>	30
Tabel 3.1. Komposisi <i>Mixed C₄ Hydrocarbon (Major Isobutene)</i>	34
Tabel 3.2. Syarat Baku Air Proses.....	46
Tabel 4.1. Neraca Massa <i>Mixed Point (MP-101)</i>	57
Tabel 4.2. Neraca Massa Reaktor (RE-201).....	58
Tabel 4.3. Neraca Massa <i>Knock Out Drum (KO-301)</i>	59
Tabel 4.4. Neraca Massa <i>Extractive Distillation Column (DC-401)</i>	59
Tabel 4.5. Neraca Massa Kondensor (CD-401)	60
Tabel 4.6. Neraca Massa Reboiler (RB-401)	60
Tabel 4.7. Neraca Massa <i>Distillation Column (DC-402)</i>	61
Tabel 4.8. Neraca Massa Kondensor (CD-402)	61
Tabel 4.9. Neraca Massa Reboiler (RB-402)	62
Tabel 4.10. Neraca Massa <i>Evaporator (EV-501)</i>	62

Tabel 4.11. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-101).....	63
Tabel 4.12. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-102).....	63
Tabel 4.13. Neraca Panas <i>Mixed Point</i> (MP-101).....	64
Tabel 4.14. Neraca Panas Reaktor (RE-201).....	64
Tabel 4.15. Neraca Panas <i>Expander Valve</i> (E-101).....	64
Tabel 4.16. Neraca Panas <i>Knock Out Drum</i> (KO-301).....	65
Tabel 4.17. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-103).....	65
Tabel 4.18. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-104).....	65
Tabel 4.19. Neraca Panas <i>Extractive Distillation Column</i> (DC-401).....	66
Tabel 4.20. Neraca Panas Kondensor (CD-401).....	66
Tabel 4.21. Neraca Panas <i>Reboiler</i> (RB-401).....	67
Tabel 4.22. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-101).....	67
Tabel 4.23. Neraca Panas <i>Distillation Column</i> (DC-402).....	67
Tabel 4.24. Neraca Panas Kondensor (CD-402).....	68
Tabel 4.25. Neraca Panas <i>Reboiler</i> (RB-402).....	68
Tabel 4.26. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-102).....	69
Tabel 4.27. Neraca Panas <i>Evaporator</i> (EV-501).....	69
Tabel 4.28. Neraca Panas Kondensor (CD-501).....	69
Tabel 4.29. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-103).....	70
Tabel 5.1.1. Spesifikasi Kompresor (CM-101).....	71
Tabel 5.1.2. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101).....	72
Tabel 5.1.3. Spesifikasi Tangki Air (ST-101).....	73
Tabel 5.1.4. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101).....	74

Tabel 5.1.5. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-102).....	75
Tabel 5.1.6. Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	76
Tabel 5.1.7. Spesifikasi <i>Expander Valve</i> (E-101)	77
Tabel 5.1.8. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102)	77
Tabel 5.1.9. Spesifikasi <i>Knock Out Drum</i> (KO-301).....	78
Tabel 5.1.10. Spesifikasi Tangki <i>Mixed C₄ Hydrocarbon</i> (ST-102).....	79
Tabel 5.1.11. Spesifikasi Pompa Proses (PP-103)	80
Tabel 5.1.12. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-103).....	81
Tabel 5.1.13. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Gliserol (ST-103)	82
Tabel 5.1.14. Spesifikasi Pompa Proses (PP-104)	83
Tabel 5.1.15. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-104).....	84
Tabel 5.1.16. Spesifikasi <i>Extractive Distillation Column</i> (DC-401).....	85
Tabel 5.1.17. Spesifikasi Kondensor (CD-401)	86
Tabel 5.1.18. Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-401)	87
Tabel 5.1.19. Spesifikasi Pompa Proses (PP-105)	88
Tabel 5.1.20. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-101).....	89
Tabel 5.1.21. Spesifikasi <i>Storage Tank T-Butyl Alcohol</i> (ST-104).....	90
Tabel 5.1.22. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-401)	91
Tabel 5.1.23. Spesifikasi Pompa Proses (PP-106)	92
Tabel 5.1.24. Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-402).....	93
Tabel 5.1.25. Spesifikasi Kondensor (CD-402)	94
Tabel 5.1.26. Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-402)	95
Tabel 5.1.27. Spesifikasi Pompa Proses (PP-107)	96

Tabel 5.1.28. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-102).....	97
Tabel 5.1.29. Spesifikasi <i>Storage Tank Sec-Butyl Alcohol</i> (ST-105).....	98
Tabel 5.1.30. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-402)	99
Tabel 5.1.31. Spesifikasi Pompa Proses (PP-108)	100
Tabel 5.1.32. Spesifikasi <i>Evaporator</i> (EV-501).....	101
Tabel 5.1.33. Spesifikasi Kondensor (CD-501)	102
Tabel 5.1.34. Spesifikasi Pompa Proses (PP-109)	103
Tabel 5.1.35. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-103).....	104
Tabel 5.2.1. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401)	105
Tabel 5.2.2. Spesifikasi <i>Sedimentation Basin</i> (SB-401)	105
Tabel 5.2.3. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402)	106
Tabel 5.2.4. Spesifikasi <i>Storage Tank Hydrant Water</i> (ST-401)	107
Tabel 5.2.5. Spesifikasi <i>Dissolving Tank Alum</i> (DT-401).....	108
Tabel 5.2.6. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403)	109
Tabel 5.2.7. Spesifikasi <i>Dissolving Tank NaOH</i> (DT-402)	110
Tabel 5.2.8. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404)	111
Tabel 5.2.9. Spesifikasi <i>Dissolving Tank Kaporit</i> (DT-403).....	112
Tabel 5.2.10. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405)	113
Tabel 5.2.11. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401)	114
Tabel 5.2.12. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406)	115
Tabel 5.2.13. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	116
Tabel 5.2.14. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407)	117
Tabel 5.2.15 Spesifikasi <i>Storage Tank Filtered Water</i> (ST-402).....	118

Tabel 5.2.16. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408)	119
Tabel 5.2.17. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409)	120
Tabel 5.2.18. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410)	121
Tabel 5.2.19. Spesifikasi <i>Storage Tank Domestic Water</i> (ST-403)	122
Tabel 5.2.20. Spesifikasi Tangki Kondensat (ST-404)	123
Tabel 5.2.21. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411)	124
Tabel 5.2.22. Spesifikasi Hot Basin (HB-401).....	124
Tabel 5.2.23. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412)	125
Tabel 5.2.24. Spesifikasi <i>Storage Tank Asam Sulfat</i> (ST-405)	126
Tabel 5.2.25. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413)	127
Tabel 5.2.26. Spesifikasi <i>Storage Tank Dispersant</i> (ST-406).....	128
Tabel 5.2.27. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414)	129
Tabel 5.2.28. Spesifikasi <i>Storage Tank Inhibitor</i> (ST-407)	130
Tabel 5.2.29. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415)	131
Tabel 5.2.30. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	132
Tabel 5.2.31. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	133
Tabel 5.2.32 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416)	133
Tabel 5.2.33 Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	134
Tabel 5.2.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417)	135
Tabel 5.2.35. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	136
Tabel 5.2.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418)	137
Tabel 5.2.37. Spesifikasi <i>Storage Tank Demin Water</i> (ST-408).....	138
Tabel 5.2.38. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419)	139

Tabel 5.2.39. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420)	140
Tabel 5.2.40. Spesifikasi <i>Storage Tank Hydrazine</i> (ST-601).....	141
Tabel 5.2.41. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-601)	142
Tabel 5.2.42. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-601).....	143
Tabel 5.2.43. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-602)	144
Tabel 5.2.44. Spesifikasi Boiler 1 (BO-601).....	144
Tabel 5.2.45. Spesifikasi <i>Steam Blower</i> (BS-601)	145
Tabel 5.2.46. Spesifikasi Boiler 2 (BO-602).....	145
Tabel 5.2.47. Spesifikasi <i>Steam Blower</i> (BS-602)	145
Tabel 5.2.48. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (BL-501).....	146
Tabel 5.2.49. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-501).....	146
Tabel 5.2.50. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (BL-502).....	146
Tabel 5.2.51. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-501).....	147
Tabel 5.2.52 Spesifikasi <i>Air Blower</i> (BL-503).....	147
Tabel 5.2.53 Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-501)	148
Tabel 5.2.54. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (BL-504).....	148
Tabel 5.2.55. Spesifikasi Generator (GS-701)	149
Tabel 5.2.56. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-701).....	149
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum	151
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Proses.....	152
Tabel 6.3. Persyaratan Kualitas Air Pendingin	153
Tabel 6.4. Peralatan yang Membutuhkan Air Pendingin	153
Tabel 6.5. Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i> pada Boiler 1.....	157

Tabel 6.6. Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i> pada Boiler 2.....	157
Tabel 6.7. Kebutuhan Air Pabrik.....	159
Tabel 6.8. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	173
Tabel 6.9. Pengendalian Variabel Utama Proses.....	174
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik <i>t-Butyl Alcohol</i>	182
Tabel 8.1. <i>Project Master Schedule of t-Butyl Alcohol Plant</i>	188
Tabel 8.2. Jadwal Kerja Masing – Masing Regu	204
Tabel 8.3. Perincian Tingkat Pendidikan	204
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	206
Tabel 8.5. Jadwal Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	206
Tabel 8.6. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	207
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	212
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	213
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	214
Tabel 9.4. Biaya Administratif.....	214
Tabel 9.5. <i>Minimum Acceptable Percent Return on Investment</i>	216
Tabel 9.6. <i>Acceptable Payout Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik.....	217
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	219

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Grafik Impor <i>t-Butyl Alcohol</i> di Indonesia	5
1.2 Peta Lokasi Pabrik <i>t-Butyl Alcohol</i>	8
6.1 <i>Cooling Tower</i>	155
6.2 Diagram <i>Cooling Water System</i>	156
6.3 Diagram Alir Pengolahan Air	160
7.1 Tata Letak Pabrik	181
7.2 Tata Letak Alat Proses	184
7.3 Peta Wilayah Provinsi Banten.....	185
7.4 Area Pabrik di Daerah Serang.....	185
8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	193
9.1 Grafik Analisa Ekonomi	218
9.2 Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	219

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industrialisasi merupakan salah satu upaya pembangunan ekonomi dalam jangka panjang untuk menciptakan kekokohan dan keseimbangan ekonomi. Salah satu perwujudan dari upaya ini adalah dengan usaha pemenuhan kebutuhan atau permintaan khususnya dalam negeri dan menekan angka impor dari luar negeri.

Pada saat ini, industri kimia terus mengalami perkembangan secara terintegrasi. Perkembangan industri hilir menjadi pendorong dibangunnya industri-industri hulu sehingga kebutuhan bahan baku dan penyedia bahan baku dalam sektor industri saling berkaitan. Oleh karena itu, keseimbangan antara industri hulu dan hilir harus diperhatikan dalam pembangunan industri kimia. Pemenuhan bahan baku industri dalam negeri merupakan salah satu usaha pemerintah dalam memajukan sektor industri. Manifestasi dari upaya ini adalah dengan pendirian pabrik kimia yang produknya mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Dari uraian diatas maka dibuatlah suatu prarancangan pabrik pembuatan *t-Butyl alcohol*. *t-Butyl alcohol* merupakan salah satu dari empat isomer Butanol yang dikenal dengan nama *t-Butyl Alcohol*, *2-Methyl-2-propanol*, *Trimethyl carbinol*. *t-Butyl Alcohol* dapat disingkat dengan nama TBA dan memiliki rumus molekul $C_4H_{10}O$ (Kirk-Othmer, 1997). Hingga saat ini, belum terdapat pabrik kimia yang memproduksi *t-Butyl Alcohol* di Indonesia, sehingga kebutuhan didalam negeri diperoleh dengan impor dari luar negeri. Jumlah kebutuhan produk ini tidak terlalu besar, namun selama periode tahun 2017 – 2021 terus mengalami peningkatan (BPS, 2022). Maka dari itu perlu didirikannya pabrik *t-Butyl Alcohol* didalam negeri sehingga dapat

menghasilkan dan memasarkan produk dari bahan baku *t-Butyl Alcohol* dengan harga yang lebih murah, mempertahankan pasar dalam negeri dan dapat melakukan diversifikasi produk dengan nilai ekonomi yang lebih tinggi untuk memperbaiki perekonomian dan menambah pendapatan negara. Selain itu, pendirian pabrik ini juga akan membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat membantu mengurangi angka pengangguran di Indonesia serta membawa dampak positif dari segi sosial, ekonomi dan kesejahteraan masyarakat.

1.2 Kegunaan Produk

t-Butyl Alcohol merupakan produk *intermediate* yang selanjutnya akan digunakan sebagai bahan baku pada banyak industri yang menunjukkan besarnya peluang pasar dalam produksi produk ini, diantaranya adalah sebagai berikut : (Hery, 2014 dalam Dzikro, 2014).

1. *Solvent* dalam pembuatan cat

Pada pembuatan cat, *t-Butyl Alcohol* berperan melarutkan atau mendispersi komponen-komponen pembentuk film. *t-Butyl Alcohol* dipakai sebagai *latent solvent* pada cat jenis *Nitro Cellulose*.

2. *Thinner* (Penghilang Cat)

t-Butyl Alcohol merupakan salah satu campuran pada *thinner* yang dipakai untuk melarutkan resin dalam cat atau mengencerkan cat

3. Pelarut non-reaktif

4. Denaturan untuk etanol

5. Penggerak oktan pada bensin tanpa menggunakan timbal

6. Bahan penghilang air dalam pembuatan parfum

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama dalam pembuatan *t-Butyl Alcohol* adalah *isobutene* (C_4H_8) dan air (H_2O). Bahan baku *Isobutene* yang digunakan berupa *Mixed C₄ Hydrocarbon*, diperoleh dari PT Chandra Asri Petrochemical Tbk yang

terletak di Cilegon, Banten dengan kapasitas 330.000 ton/tahun. Untuk bahan baku air menggunakan air yang telah diproses di unit utilitas yang diperoleh dari Sungai Ciujung, Banten. Sedangkan, bahan baku penunjang yang digunakan dalam pembuatan *t-Butyl Alcohol* adalah katalis *styrene divinylbenzene (amberlyst-15)* yang diimpor dari Shanghai Further New Material Technology Co., Ltd. yang berlokasi di Negara China dan Solven gliserol yang diperoleh di PT Cisadane Raya Chemicals yang terletak di Tangerang, Banten dengan kapasitas 5.500 ton/tahun.

1.4 Analisis Pasar

Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk. Adapun analisis pasar meliputi harga bahan baku dan data kebutuhan *t-Butyl Alcohol*.

1.4.1 Harga Bahan Baku

Indonesia masih melakukan impor untuk memenuhi kebutuhan *t-Butyl Alcohol* dalam negeri. Harga *t-Butyl Alcohol* yang cukup mahal akan sangat membantu menguntungkan industri yang menggunakan *t-Butyl Alcohol* apabila dapat diperoleh dalam negeri sendiri. Harga bahan baku, katalis dan produk dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1. 1 Harga Bahan Baku, Katalis dan Produk

Bahan	Harga (USD)/Kg	Harga (Rp)/Kg
Produk : <i>t-Butyl Alcohol</i> ¹	2,45	38.201,38
Bahan Baku : <i>Mixed C₄ Hydrocarbon</i> (<i>major isobutene</i>) ¹	1,2	18.710,88
Air ²		2,145825

Bahan		Harga (USD)/Kg	Harga (Rp)/Kg
Katalis	: <i>Styrene Divinyl Benzene</i> (<i>Amberlyst-15</i>) ¹	25	389.810,00
	Asam Sulfat ¹	1,76	27.431,54
Solven	: Gliserol ¹	0,59	9.230,701

(Kurs 1 USD = 15.592,40) diakses pada 4 Januari 2023

Sumber : ¹: alibaba.com, 2022

²: PERGUB Prov. Banten No. 4 Tahun 2013

1.4.2 Data Kebutuhan *t-Butyl Alcohol*

Berdasarkan data BPS, diketahui bahwa data impor *t-Butyl Alcohol* di Indonesia adalah sama dengan data *t-Butyl Alcohol* di Indonesia. Data impor *t-Butyl Alcohol* di Indonesia tahun 2017-2021 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

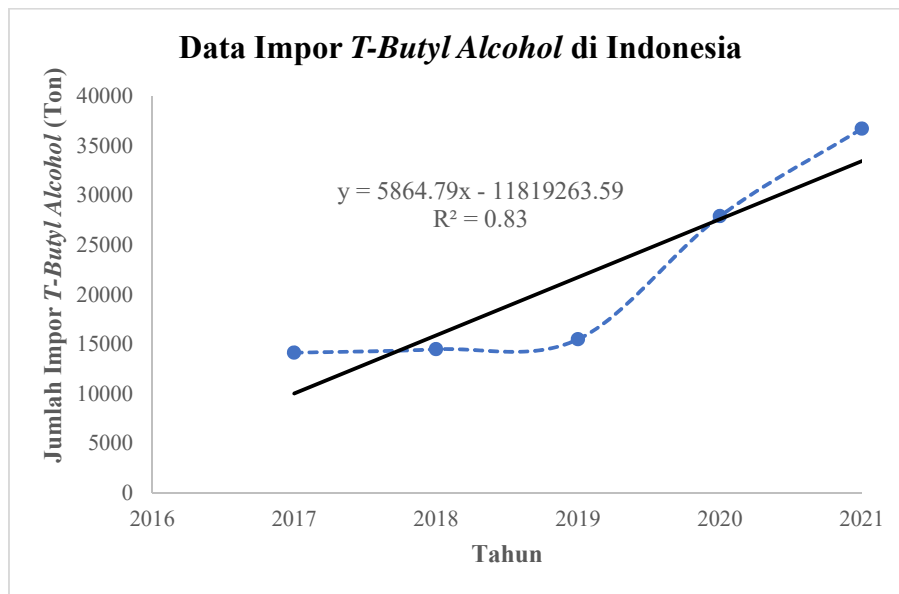
Tabel 1. 2 Data Impor *t-Butyl Alcohol* di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (Ton)
2017	14.122,293
2018	14.468,731
2019	15.481,817
2020	27.898,655
2021	36.731,264

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2022

Berdasarkan Tabel 1.2. dapat dilihat bahwa jumlah impor *t-Butyl Alcohol* di Indonesia pada tahun 2017-2021 mengalami peningkatan setiap tahunnya, dikarenakan belum adanya pabrik yang memproduksi *t-Butyl Alcohol* di Indonesia, sedangkan kebutuhan akan *t-Butyl Alcohol* dalam negeri terus bertambah setiap tahunnya. Pemenuhan kebutuhan *t-Butyl Alcohol* dalam negeri sampai saat ini dengan melakukan impor dari negara China.

Prarancangan pabrik *t-Butyl Alcohol* direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027, sehingga untuk mengetahui kebutuhan *t-Butyl Alcohol* di Indonesia pada tahun tersebut maka dapat dibuat grafik berdasarkan data impor *t-Butyl Alcohol* pada Tabel 1.2. Kemudian, dari grafik tersebut akan didapatkan persamaan yang diperoleh menggunakan metode regresi linier yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1. 1 Grafik Impor *T-Butyl Alcohol* di Indonesia tahun 2017-2021

Untuk menghitung kebutuhan impor tahun berikutnya maka dilakukan pendekatan menggunakan persamaan garis lurus :

$$y = mx + C$$

Dimana : y = kebutuhan impor *t-Butyl Alcohol* (ton/tahun)

x = tahun impor *t-Butyl Alcohol*

m = *slope*

C = *intercept*

Dari grafik diatas diperoleh persamaan :

$$y = 5.864,79x - 11.819.263,59$$

Sehingga, prediksi kebutuhan *t-Butyl Alcohol* pada tahun 2027 adalah :

$$\begin{aligned} y &= 5.864,79 \times (2027) + (-11.819.263,59) \\ &= 68.665,74 \end{aligned}$$

Diperkirakan kebutuhan *t-Butyl Alcohol* di Indonesia pada tahun 2027 adalah sebesar 68.665,74 ton/tahun.

1.5 Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan kebutuhan konsumsi produk dalam negeri yang belum terpenuhi dan melihat kapasitas pabrik yang sudah berdiri sebagai pertimbangannya. Di dalam negeri belum terdapat pabrik yang memproduksi *t-Butyl Alcohol* maka sebagai pertimbangan dibandingkan dengan pabrik yang sudah berdiri di luar negeri yaitu negara China.

Tabel 1. 3 Perusahaan di China yang memproduksi *t-Butyl Alcohol*

No.	Perusahaan	Kapasitas Ton/tahun
1.	Shandong Jianlan Chemical Co., Ltd.	20.000
2.	Baoji Guokang Bio-Technology Co., Ltd.	30.000
3.	Sinopec Qilu Co.	50.000
4.	Sinopec Yazi-BASF	100.000

Sumber : *Institute of Resources and Enviromental Information Engineering, 2022*

Pada tahun 2027, prediksi kebutuhan *t-Butyl Alcohol* di Indonesia adalah sebesar 68.665,74 ton/tahun. Pada pabrik *t-Butyl Alcohol* ini direncanakan akan didirikan dengan kapasitas produksi 50% dari prediksi kebutuhan *t-Butyl Alcohol* di Indonesia tahun 2027. Hal ini berdasarkan Undang-Undang Nomor 5 tahun 1999 tentang larangan praktik monopoli dan persaingan usaha tidak sehat, bahwasannya satu pelaku usaha hanya boleh menguasai 50% pasar. Maka dari itu, pendirian pabrik ini direncanakan akan memenuhi 50% dari total kebutuhan dalam negeri.

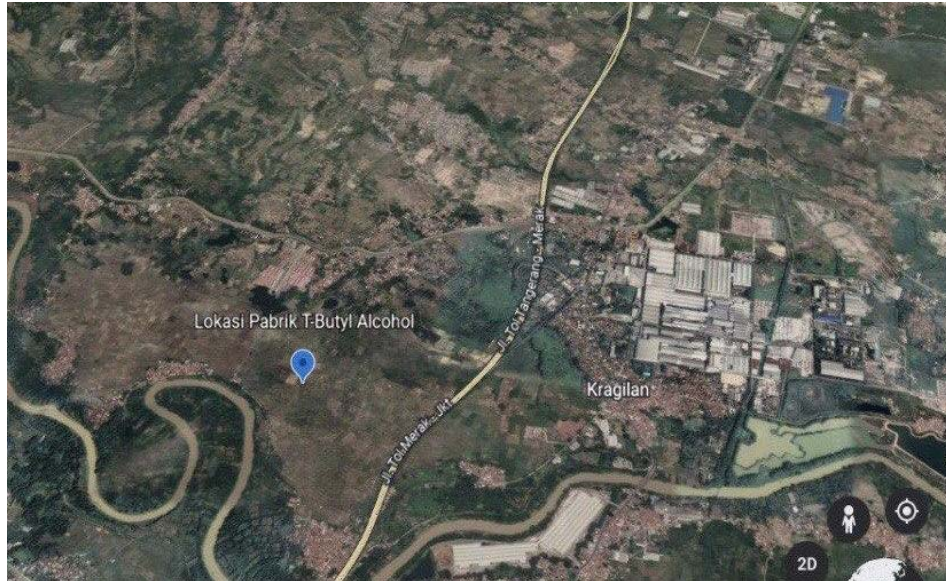
$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan } t\text{-Butyl Alcohol di Indonesia} &= 50\% \times 68.665,74 \text{ ton/tahun} \\ &= 34.332,87 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan peluang kapasitas dan dengan pertimbangan kebutuhan *t-Butyl Alcohol* didalam negeri serta perbandingan dari kapasitas pabrik yang telah berdiri diluar negeri, maka dalam perancangan pabrik ini digunakan kapasitas sebesar 35.000 ton/tahun.

Dengan kapasitas produksi 35.000 ton/tahun ini, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *t-Butyl Alcohol* dalam negeri sesuai dengan latar belakang pendirian pabrik untuk menekan impor dari luar negeri, serta dapat memberikan kesempatan pada industri-industri yang menggunakan *t-Butyl Alcohol* di Indonesia untuk dapat mengembangkan produksinya karena bahan tersebut dapat diperoleh dengan mudah dan murah tanpa harus mengimpor.

1.6 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kelangsungan suatu pabrik untuk beroperasi, terutama berkaitan dengan kegiatan fabrikasi, produksi dan distribusi. Penentuan lokasi pabrik yang tepat akan menghasilkan biaya produksi dan distribusi yang seminimal mungkin sehingga pabrik dapat berjalan efisien, ekonomis dan juga memberikan profit yang maksimal. Pabrik *t-Butyl Alcohol* ini direncanakan akan didirikan di Kecamatan Kragilan, Serang, Banten.



Gambar 1. 2 Peta Lokasi Pabrik *t-Butyl Alcohol*

Adapun dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Ketersediaan bahan baku

Salah satu hal yang harus dipertimbangkan dalam penempatan lokasi pabrik yaitu dekat dengan letak sumber bahan baku yang bertujuan untuk memudahkan dalam penyediaan bahan baku ke lokasi pabrik dan memperkecil biaya transportasi. Bahan baku yang digunakan dalam pabrik *t-Butyl Alcohol* ini adalah *Isobutene* berupa *Mixed C₄ Hydrocarbon (major isobutene)* yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk, Cilegon dengan jarak $\pm 24,21$ km dan air yang diperoleh dari Sungai Ciujung, Banten dengan jarak $\pm 337,31$ m.

2. Daerah Pemasaran

Lokasi pabrik yang dipilih harus dapat mempermudah transportasi dan pendistribusian barang ke distributor. Industri-industri di Indonesia yang membutuhkan *t-Butyl Alcohol* diantaranya yaitu pabrik cat yang memproduksi cat jenis *Nitro Cellulose* yaitu PT. Propane Raya (Tangerang, Banten) dengan jarak ± 37 km dan PT. Gajah Maju Jaya

(Tangerang, Banten) dengan jarak ± 34 km serta kepada unit Pertamina, yaitu Pertamina RU-VI Balongan (Indramayu, Jawa Barat) dengan jarak ± 234 km sebagai bahan baku untuk menaikkan nilai oktan pada bensin.

3. Utilitas

Unit utilitas merupakan suatu unit penunjang operasional pabrik, yaitu sebagai sarana guna kelancaran proses produksi di pabrik agar dapat berjalan dengan baik. Unit utilitas terdiri dari pengadaan air, tenaga listrik, dan bahan bakar. Air merupakan salah satu kebutuhan terpenting bagi suatu industri, dimana air tersebut digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Lokasi pabrik cukup dekat dengan sumber air, sehingga kebutuhan air dapat dipenuhi dengan mengolah air yang berasal dari Sungai Ciujung. Tenaga listrik pada pabrik digunakan sebagai alat penggerak proses, instrumen, bengkel, ruang kontrol, penerangan, serta keperluan kantor. Penyediaan tenaga listrik dilakukan dengan mensuplai dari PT PLN, serta sebagai cadangan digunakan Generator milik pabrik dengan bahan bakar yang diperoleh dari Pertamina RU-VI Balongan, Indramayu, Jawa Barat.

4. Transportasi

Sarana transportasi dari lokasi pabrik atau ke lokasi pabrik merupakan faktor yang penting karena berhubungan dengan pengiriman bahan baku, pengadaan peralatan dan pengiriman produk. Lokasi pabrik yang terletak di Kecamatan Kragilan, Serang, Banten ini memiliki wilayah strategis ke akses jalan yang terhubung dengan jalan tol Jakarta – Merak dengan jarak ± 17 km. Selain itu, lokasi pabrik juga mudah dijangkau karena dekat dengan Pelabuhan Merak dengan jarak ± 47 km dan juga Pelabuhan Tanjung Priok dengan jarak ± 82 km, dimana, Pelabuhan Tanjung Priok ini digunakan sebagai jalur transportasi pengiriman produk ataupun bahan baku dari luar pulau maupun dari luar negeri. Tersedianya sarana transportasi baik jalur darat maupun laut yang memadai, diharapkan kegiatan produksi pada pabrik ini dapat berjalan lancar.

5. Tenaga kerja

Tenaga kerja merupakan hal yang sangat menunjang dalam kegiatan produksi di pabrik. Tenaga kerja di Indonesia cukup banyak sehingga penyediaan tenaga kerja tidak sulit untuk diperoleh. Tenaga kerja yang dibutuhkan yaitu sumber daya manusia yang produktif dan kompeten di bidangnya masing-masing. Kebutuhan tenaga kerja pabrik dapat terpenuhi dari daerah sekitar lokasi pabrik, mulai dari tenaga kerja terdidik, terlatih, terampil, hingga tenaga kerja kasar. Sedangkan untuk tenaga ahli dapat diperoleh dari lulusan perguruan tinggi di Indonesia. Dengan memanfaatkan masyarakat sekitar sebagai tenaga kerja, maka berdirinya pabrik ini dapat mengurangi pengangguran di daerah tersebut dan mampu meningkatkan taraf hidup masyarakat setempat.

6. Perijinan

Lokasi pabrik yang dipilih merupakan daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perizinan pendirian pabrik. Selain itu, karena berada di kawasan industri, lokasi pabrik yang didirikan jauh dari pemukiman penduduk, sehingga tidak menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya.

BAB II DESKRIPSI PROSES

2.1 Jenis-Jenis Proses

Berikut merupakan jenis-jenis proses pembuatan *t-Butyl Alcohol* berdasarkan beberapa paten antara lain :

2.1.1 Pembuatan *t-Butyl Alcohol* dengan menggunakan Katalis Asam Sulfat

Proses pembuatan *t-Butyl Alcohol* ini dilakukan dengan mereaksikan secara langsung *isobutene* dengan air menggunakan katalis asam sulfat. Reaksi ini dioperasikan pada suhu 35°C dan tekanan 5 atm. Konversi reaksi yang diperoleh dengan rasio mol reaktan 1 : 1,1 sebesar 48%. *Yield* pada proses ini adalah sebesar 88%. Dalam proses menggunakan katalis asam sulfat ini dibutuhkan alat *neutralizer* untuk menetralkan produk serta *decanter* (US Pat. 3,950,442, 1976).

2.1.2 Pembuatan *t-Butyl Alcohol* dengan menggunakan Katalis *Styrene Divnyl Benzene*

t-Butyl Alcohol diperoleh dengan reaksi secara langsung *isobutene* dan air menggunakan katalis *styrene divnyl benzene* (*Amberlyst-15*). Proses ini berlangsung pada suhu 60°C dan tekanan 11 atm. Konversi reaksi yang diperoleh dengan rasio mol reaktan 1 : 1,1 sebesar 97%. *Yield* pada proses ini adalah sebesar 95,2% (US Pat.7,115,787 B2, 2006).

2.2 Pemilihan Proses

Untuk menentukan proses mana yang akan digunakan, maka harus mempertimbangkan beberapa hal yaitu faktor ekonomis dan faktor kelayakan teknis.

2.2.1 Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi bertujuan untuk mengetahui potensial ekonomi (PE) berdasarkan perhitungan ekonomi kasar pembelian bahan baku dan penjualan produk.

Tabel 2. 1 Harga Produk, Bahan Baku dan Katalis

Bahan	Harga (USD)/Kg	Harga (Rp)/Kg
Produk : <i>t-Butyl Alcohol</i> ¹	2,45	38.201,38
Bahan Baku : <i>Mixed Hydrocarbon C₄</i> (<i>major isobutene</i>) ¹	1,2	18.710,88
Air ²		2,145825
Katalis : <i>Styrene Divinyl Benzene</i> (<i>Amberlyst-15</i>) ¹	25	389.810,00
Asam Sulfat ¹	1,76	27.431,54
Solven : Gliserol ¹	0,59	9.230,701

(Kurs 1 USD = 15.592,40) diakses pada 4 Januari 2023

Sumber : ¹: alibaba.com, 2022

²: PERGUB Prov. Banten No. 4 Tahun 2013

Kapasitas produksi yang dirancang pada pendirian pabrik *t-Butyl Alcohol* di tahun 2027 ini adalah sebesar 35.000 ton/tahun. Dalam satu tahun, pabrik ini dirancang untuk beroperasi selama 330 hari, maka kapasitas produksi untuk setiap kg/jam sebesar :

Kapasitas produksi C₄H₁₀O = 35.000 Ton/Tahun

Kemurnian produk C₄H₁₀O = 99%

Sehingga, kapasitas produksi :

$$= \frac{35.000 \text{ Ton}}{\text{Tahun}} \times \frac{1.000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} \times \frac{1 \text{ Tahun}}{330 \text{ Hari}} \times \frac{1 \text{ Hari}}{24 \text{ Jam}} \times \text{Kemurnian } C_4H_{10}O$$

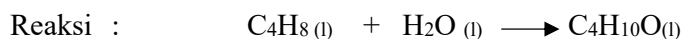
$$= 4.375 \text{ kg/jam}$$

a. Pembuatan *t-Butyl Alcohol* menggunakan Katalis Asam Sulfat (Proses I)

Diketahui :

Rasio *isobutene* : air adalah 1 : 1,1

Konversi = 48%, Yield = 88% (US Pat. 3,950,442, 1976)



BM (kg/kmol)	56,107	18,015	74,123
M	108,209	119,030	-
<u>B</u>	<u>51,940</u>	<u>51,940</u>	<u>51,940</u>
S	56,269	67,090	51,940

• ***t-Butyl Alcohol* ($C_4H_{10}O$)**

Untuk kapasitas produksi *t-Butyl Alcohol* ($C_4H_{10}O$) sebesar 4.375 kg/jam, dengan yield 88% berdasarkan (US Pat. 3,950,442, 1976), maka jumlah kmol/jam *t-Butyl Alcohol* ($C_4H_{10}O$) yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Massa } C_4H_{10}O &= \text{Kapasitas Produksi } C_4H_{10}O \times \text{Yield } C_4H_{10}O \\ &= 4.375 \text{ kg/jam} \times 0,88 \\ &= 3.850 \text{ kg/jam} \\ &= 30.492.000 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_4H_{10}O &= \frac{\text{Massa } C_4H_{10}O}{\text{BM } C_4H_{10}O} \\ &= \frac{3.850 \text{ kg/jam}}{74,123 \text{ kg/kmol}} \end{aligned}$$

$$= 51,940 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_4\text{H}_{10}\text{O} &= \text{Massa C}_4\text{H}_{10}\text{O} \times \text{Harga C}_4\text{H}_{10}\text{O} \\ &= 3.850 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 38.201,38 \\ &= \text{Rp. } 147.075.313,00 \text{ /jam} \\ &= \text{Rp. } 1.166.836.478.960,00 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

- **Isobutene (C₄H₈)**

$$\text{Konversi} = 48\% \quad (\text{US Pat. } 3,950,442, 1976)$$

Maka,

$$\% \text{ Konversi} = \frac{\text{Mol C}_4\text{H}_8 \text{ bereaksi}}{\text{Mol C}_4\text{H}_8 \text{ umpan}}$$

$$48\% = \frac{1}{1} \times \frac{51,940 \text{ kmol/jam}}{\text{mol C}_4\text{H}_8 \text{ umpan}}$$

$$\text{Mol C}_4\text{H}_8 \text{ umpan} = 108,209 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_8 \text{ umpan} &= \text{Mol C}_4\text{H}_8 \times \text{BM C}_4\text{H}_8 \\ &= 108,209 \text{ kmol/jam} \times 56,107 \text{ kg/kmol} \\ &= 6.071,325 \text{ kg/jam} \\ &= 48.084.901,785 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Isobutene yang dijual oleh PT Chandra Asri Petrochemical berupa *Mixed C₄ Hydrocarbon*, dengan kemurnian *Isobutene* dalam *Mixed C₄ Hydrocarbon* sebesar 60,9% (PT Chandra Asri Petrochemical Tbk., 2022).

Sehingga massa *Mixed C₄ Hydrocarbon* yang dibutuhkan adalah :

$$\text{Massa C}_4\text{H}_8 = 60,9\% \times \text{massa } \textit{Mixed C}_4 \textit{ Hydrocarbon}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } \textit{Mixed C}_4 \textit{ Hydrocarbon} &= \frac{\text{Massa C}_4\text{H}_8}{60,9\%} \\ &= \frac{6.071,325 \text{ kg/jam}}{60,9\%} \\ &= 9.969,336 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$= 78.957.145,788 \text{ kg/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Mixed C}_4 \text{ Hydrocarbon} &= \text{Massa Mixed C}_4 \times \text{Harga Mixed C}_4 \\ &= 9.969,336 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 18.710,88 \\ &= \text{Rp. } 186.535.060,60 \text{ /jam} \\ &= \text{Rp. } 899.710.827.108,51 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

- **Air (H₂O)**

$$\begin{aligned} \text{Mol H}_2\text{O umpan} &= 1,1 \times \text{Mol Umpan Isobutene} \\ &= 1,1 \times 108,209 \text{ kmol/jam} \\ &= 119,030 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O umpan} &= \text{Mol H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O} \\ &= 119,030 \text{ kmol/jam} \times 18,015 \text{ kg/kmol} \\ &= 2.144,399 \text{ kg/jam} \\ &= 16.983.165,313 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga H}_2\text{O} &= \text{Massa H}_2\text{O} \times \text{Harga H}_2\text{O} \\ &= 2.144,399 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 2,145825 \\ &= \text{Rp. } 4.601,38 \text{ /jam} \\ &= \text{Rp. } 36.442.900,71 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

- **Katalis Asam Sulfat (H₂SO₄)**

Diketahui :

Kemurnian H₂SO₄ yang digunakan = 45% (US Pat. 3,950,442, 1976)

BM H₂SO₄ = 98,079 kg/kmol

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Mol H}_2\text{SO}_4 &= \frac{(\text{Massa Zat Terlarut} \times 1.000)}{(\text{BM H}_2\text{SO}_4 \times \text{Massa Pelarut})} \\ &= \frac{(0,45 \times 1.000)}{(98,079 \times 0,55)} \\ &= 8,342 \end{aligned}$$

$$\text{Massa H}_2\text{SO}_4 = \text{Mol H}_2\text{SO}_4 \times \text{BM H}_2\text{SO}_4$$

$$\begin{aligned}
&= 8,342 \text{ kmol/jam} \times 98,079 \text{ kg/kmol} \\
&= 818,181 \text{ kg/jam} \\
&= 6.480.000 \text{ kg/tahun}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Harga katalis H}_2\text{SO}_4 &= \text{Massa H}_2\text{SO}_4 \times \text{Harga H}_2\text{SO}_4 \\
&= 818,181 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 27.431,54 \\
&= \text{Rp. } 22.443.987,76 \text{ /jam} \\
&= \text{Rp. } 177.756.383.067,74 \text{ /tahun}
\end{aligned}$$

- **Gliserol (C₃H₈O₃)**

Banyaknya gliserol yang digunakan = 10 kmol/jam (Lo, Ka-Man, 2016)

BM Gliserol = 95,095

$$\begin{aligned}
\text{Massa Gliserol} &= \text{Mol Gliserol} \times \text{BM Gliserol} \\
&= 10 \text{ kmol/jam} \times 95,095 \text{ kg/kmol} \\
&= 920,950 \text{ kg/jam} \\
&= 7.293.924 \text{ kg/tahun}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Harga Gliserol} &= \text{Massa Gliserol} \times \text{Harga Gliserol} \\
&= 920,950 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 9.230,701 \\
&= \text{Rp. } 8.501.013,90 \text{ /jam} \\
&= \text{Rp. } 67.328.030.101,94 \text{ /tahun}
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka :

$$\begin{aligned}
\textit{Total Cost of Product} &= \text{Rp. } 1.164.836.478.960,00 \text{ /tahun} \\
\textit{Total Cost of Feed} &= \text{Harga Mixed Hydrocarbon C}_4 + \text{Harga H}_2\text{O} \\
&\quad + \text{Harga katalis H}_2\text{SO}_4 + \text{Harga Gliserol} \\
&= \text{Rp. } 1.144.831.683.178,89 \text{ /tahun}
\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\textit{Economic Potential (EP)} = \textit{Total Cost of Product} - \textit{Total Cost of Feed}$$

$$\textit{EP/Profit} = \text{Rp. } 1.164.836.478.960,00 - \text{Rp. } 1.144.831.683.178,89$$

= Rp. 20.004.795.781,11 /tahun

b. Pembuatan *t*-Butyl Alcohol menggunakan Katalis Styrene Divinyl Benzene (Amberlyst-15) (Proses II)

Diketahui :

Rasio *isobutene* : air adalah 1 : 1,1

Konversi = 97%, Yield = 95,2% (US Pat.7,115,787 B2, 2006)

Reaksi :	$C_4H_8 (l)$	+	$H_2O (l)$	→	$C_4H_{10}O (l)$
BM (kg/kmol)	58,107		18,015		74,123
M	57,928		63,721		-
B	<u>56,190</u>		<u>56,190</u>		<u>56,190</u>
S	1,738		7,531		56,190

• ***t*-Butyl Alcohol (C_4H_9OH)**

Untuk kapasitas produksi *t*-Butyl Alcohol ($C_4H_{10}O$) sebesar 4.375 kg/jam, dengan yield 95,2% berdasarkan (US Pat.7,115,787 B2, 2006), maka jumlah kmol/jam *t*-Butyl Alcohol ($C_4H_{10}O$) yang dihasilkan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Massa } C_4H_{10}O &= \text{Kapasitas Produksi } C_4H_{10}O \times \text{Yield } C_4H_{10}O \\ &= 4.375 \text{ kg/jam} \times 0,952 \\ &= 4.165 \text{ kg/jam} \\ &= 32.986.800 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_4H_{10}O &= \frac{\text{Massa } C_4H_{10}O}{\text{BM } C_4H_{10}O} \\ &= \frac{4.165 \text{ kg/jam}}{74,123 \text{ kg/kmol}} \\ &= 56,190 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Harga C}_4\text{H}_{10}\text{O} &= \text{Massa C}_4\text{H}_{10}\text{O} \times \text{Harga C}_4\text{H}_{10}\text{O} \\
&= 4.165 \text{ kg/jam} \times \text{Rp.}38.201,38 \\
&= \text{Rp. } 159.108.747,70 \text{ /jam} \\
&= \text{Rp. } 1.260.141.281.784,00 \text{ /tahun}
\end{aligned}$$

- ***Isobutene (C₄H₈)***

$$\text{Konversi} = 97\% \quad (\text{US Pat.}7,115,787 \text{ B2, } 2006)$$

Maka,

$$\begin{aligned}
\% \text{ Konversi} &= \frac{\text{Mol C}_4\text{H}_8 \text{ bereaksi}}{\text{Mol C}_4\text{H}_8 \text{ umpan}} \\
97\% &= \frac{1}{1} \times \frac{56,190}{\text{mol C}_4\text{H}_8 \text{ umpan}}
\end{aligned}$$

$$\text{Mol C}_4\text{H}_8 \text{ umpan} = 57,928 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}
\text{Massa C}_4\text{H}_8 \text{ umpan} &= \text{Mol C}_4\text{H}_8 \times \text{BM C}_4\text{H}_8 \\
&= 57,928 \text{ kmol/jam} \times 56,107 \text{ kg/kmol} \\
&= 3.250,179 \text{ kg/jam} \\
&= 25.741.420,712 \text{ kg/tahun}
\end{aligned}$$

Isobutene yang dijual oleh PT Chandra Asri Petrochemical berupa *Mixed C₄ Hydrocarbon*, dengan kemurnian *Isobutene* dalam *Mixed C₄ Hydrocarbon* sebesar 60,9% (PT Chandra Asri Petrochemical Tbk., 2022).

Sehingga massa *Mixed C₄ Hydrocarbon* yang dibutuhkan adalah :

$$\text{Massa C}_4\text{H}_8 = 60,9\% \times \text{massa } \textit{Mixed C}_4 \textit{ Hydrocarbon}$$

$$\begin{aligned}
\text{Massa } \textit{Mixed C}_4 \textit{ Hydrocarbon} &= \frac{\text{Massa C}_4\text{H}_8}{60,9\%} \\
&= \frac{3.250,179 \text{ kg/jam}}{60,9\%} \\
&= 5.336,912 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

$$= 42.268.342,712 \text{ kg/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Mixed C}_4 \text{ Hydrocarbon} &= \text{Massa Mixed C}_4 \times \text{Harga Mixed C}_4 \\ &= 5.336,912 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 18.710,88 \\ &= \text{Rp. } 99.858.319,23 \text{ /jam} \\ &= \text{Rp. } 481.644.633.968,49 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

- **Air (H₂O)**

$$\begin{aligned} \text{Mol H}_2\text{O umpan} &= 1,1 \times \text{Mol Umpan Isobutene} \\ &= 1,1 \times 57,928 \text{ kmol/jam} \\ &= 63,721 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O umpan} &= \text{Mol H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O} \\ &= 63,721 \text{ kmol/jam} \times 18,015 \text{ kg/kmol} \\ &= 1.147,934 \text{ kg/jam} \\ &= 9.091.643,886 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga H}_2\text{O} &= \text{Massa H}_2\text{O} \times \text{Harga H}_2\text{O} \\ &= 1.147,934 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 2,145825 \\ &= \text{Rp. } 2.463,27 \text{ /jam} \\ &= \text{Rp. } 19.509.076,74 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

- **Katalis Styrene Divinyl Benzene (Amberlyst-15)**

Jumlah katalis *amberlyst-15* yang dibutuhkan adalah 25% dari massa umpan C₄H₈ + massa umpan H₂O.

Umur katalis *amberlyst-15* = 5 tahun (R. Soto, et al., 2018)

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Total katalis } \textit{amberlyst-15} \text{ yang dibutuhkan :} \\ &= 25\% \times (\text{massa umpan C}_4\text{H}_8 + \text{massa umpan H}_2\text{O}) \\ &= 25\% \times (3.250,179 \text{ kg/jam} + 1.147,934 \text{ kg/jam}) \\ &= 1.099,528 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$= 8.708.266,150 \text{ kg/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga katalis } \textit{amberlyst-15} &= \text{Massa } \textit{amberlyst-15} \times \text{Harga } \textit{amberlyst-15} \\ &= 1.099,528 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 389.810,00 \\ &= \text{Rp. } 428.607.225,73 \text{ /jam} \\ &= \text{Rp. } 3.394.569.227.761,50 \text{ /tahun} \\ &\quad (\text{jangka waktu pemakaian 5 tahun}) \end{aligned}$$

Sehingga, kisaran harga jika dalam 1 tahun adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 3.394.569.227.761,50 \text{ / 5 tahun} \\ &= \text{Rp. } 678.913.845.552,30 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

- **Gliserol (C₃H₈O₃)**

Banyaknya gliserol yang digunakan = 10 kmol/jam (Lo, Ka-Man, 2016)

BM Gliserol = 95,095

$$\begin{aligned} \text{Massa Gliserol} &= \text{Mol Gliserol} \times \text{BM Gliserol} \\ &= 10 \text{ kmol/jam} \times 95,095 \text{ kg/kmol} \\ &= 920,950 \text{ kg/jam} \\ &= 7.293.924 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Gliserol} &= \text{Massa Gliserol} \times \text{Harga Gliserol} \\ &= 920,950 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 9.230,701 \\ &= \text{Rp. } 8.501.013,90 \text{ /jam} \\ &= \text{Rp. } 67.328.030.101,94 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka :

$$\textit{Total Cost of Product} = \text{Rp. } 1.260.141.281.784,00 \text{ /tahun}$$

$$\begin{aligned} \textit{Total Cost of Feed} &= \text{Harga } \textit{Mixed C}_4 \text{ Hydrocarbon} + \text{Harga H}_2\text{O} \\ &\quad + \text{Harga katalis } \textit{amberlyst-15} + \text{Harga Gliserol} \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 1.144.831.683.178,89 \text{ /tahun}$$

Sehingga :

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Total Cost of Product} - \text{Total Cost of Feed}$$

$$\text{EP/Profit} = \text{Rp. } 1.260.141.281.784,00 \text{ /tahun} - \text{Rp. } 1.144.831.683.178,89$$

$$= \text{Rp. } 32.235.263.084,53 \text{ /tahun}$$

2.2.2 Kelayakan Teknis

Kelayakan teknis terhadap suatu reaksi kimia yang terjadi pada proses industri dilakukan dengan tinjauan termodinamika, yaitu entalpi panas pembentukan (ΔH) dan energi bebas gibbs (ΔG).

a. Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Entalpi Panas Pembentukan (ΔH)

ΔH menunjukkan besarnya panas reaksi yang dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia, seperti pada reaksi pembentukan produk berupa *t-Butyl Alcohol*. Besar atau kecilnya nilai ΔH tersebut menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun dihasilkan. Jika ΔH bernilai positif (+) atau $\Delta H > 0$, menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk melakukan reaksi kimia (endoterm), sehingga semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan, jika ΔH bernilai negative (-) atau $\Delta H < 0$, menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi kimia (eksoterm), sehingga diperlukan pendingin untuk mempertahankan suhu reaksi.

Tabel 2. 2 Data Panas Pembentukan Standar (ΔH°_f) pada suhu 25°C (298,15 K)

Komponen	$\Delta H^\circ_{f 298}$ (kJ/kmol)
C ₄ H ₈	-16,9

H ₂ O	-241,80
C ₄ H ₁₀ O	-325,81

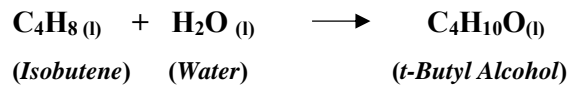
Sumber : Yaws, 1999

Tabel 2. 3 Data konstanta A, B, C, D untuk Cp cair dalam kJ/kmol

Senyawa	A	B	C	D
C ₄ H ₈	57,611	0,563	-0,0023	0,00000417
H ₂ O	92,053	0,04	-0,000211	0,000000535
C ₄ H ₁₀ O	-309,415	4,49	-0,013	0,0000136

Sumber : Yaws, 1999

Reaksi :



- **Menghitung nilai panas pembentukan reaksi (ΔH) pada suhu 25°C (298,15 K) (keadaan standar)**

$$\Delta H^\circ_{f, 298 \text{ K}} = \sum \Delta H^\circ_{f, \text{produk}} - \sum \Delta H^\circ_{f, \text{reaktan}}$$

$$\Delta H^\circ_{f, 298 \text{ K}} = -325,81 - (-16,9 + (-241,80))$$

$$\Delta H^\circ_{f, 298 \text{ K}} = -67,11 \text{ kJ/kmol}$$

- **Menghitung nilai panas pembentukan reaksi (ΔH) pada suhu 35°C (308,15 K) (proses I)**

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = (\Delta A)T_0(\tau-1) + \frac{\Delta B}{2}T_0^2(\tau^2-1) + \frac{\Delta C}{3}T_0^3(\tau^3-1) + \frac{\Delta D}{T_0} \times \frac{\tau-1}{\tau}$$

(Smith, 2001)

Dimana,

$$\tau = \frac{T}{T_0} = \frac{308,15}{298,15} = 1,033540164 \quad ; \quad R = 8,314$$

$$\begin{aligned}\Delta A &= \Sigma A_{\text{produk}} - \Sigma A_{\text{reaktan}} \\ &= (-309,415) - (57,611 + 92,053) \\ &= -459,079 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta B &= \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}} \\ &= (4,49) - (0,563 + 0,04) \\ &= 3,887 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta C &= \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}} \\ &= (-0,013) - ((-0,0023) + (-0,000211)) \\ &= -0,0105 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta D &= \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}} \\ &= (0,0000136) - (0,00000417) + 0,000000535) \\ &= 0,0000089 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}\int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} dT &= (-459,079) 298,15 (1,033540164 - 1) \\ &\quad + \frac{3,887}{2} (298,15)^2 (1,033540164^2 - 1) \\ &\quad + \frac{-0,0105}{3} (298,15)^3 (1,033540164^3 - 1) \\ &\quad + \frac{0,0000089}{298,15} \times \frac{1,033540164 - 1}{1,033540164} \\ &= -2.447,606 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = -2.447,606 \times 8,314$$

$$= -20.349,400 \text{ kJ/kmol}$$

Nilai (ΔH_r°) pada 308,15 K adalah :

$$\Delta H_{r, 308 \text{ K}}^\circ = \Delta H_r^\circ + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$$

$$= -67,11 + (-20.349,4)$$

$$= -20.416,510 \text{ kJ/kmol}$$

$$= -2,416 \times 10^4 \text{ kJ/kmol}$$

Reaksi pembentukan produk *t-Butyl Alcohol* bersifat eksotermis yang ditandai dengan nilai $(\Delta H_{r, 308 \text{ K}}^\circ)$ bernilai negative.

- **Menghitung nilai panas pembentukan reaksi (ΔH) pada suhu 60°C (333,15 K) (proses II)**

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = (\Delta A) T_0 (\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2} T_0^2 (\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^3 (\tau^3 - 1)$$

$$+ \frac{\Delta D}{T_0} \times \frac{\tau - 1}{\tau} \quad (\text{Smith, 2001})$$

Dimana,

$$\tau = \frac{T}{T_0} = \frac{333,15}{298,15} = 1,117390575 \quad ; \quad R = 8,314$$

$$\Delta A = \sum A_{\text{produk}} - \sum A_{\text{reaktan}}$$

$$= (-309,415) - (57,611 + 92,053)$$

$$= -459,079 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta B = \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}}$$

$$= (4,49) - (0,563 + 0,04)$$

$$= 3,887 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta C = \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}}$$

$$= (-0,013) - ((-0,0023) + (-0,000211))$$

$$= -0,0105 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta D = \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}}$$

$$= (0,0000136) - (0,00000417) + 0,000000535$$

$$= 0,0000089 \text{ kJ/kmol}$$

Sehingga,

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} dT = (-459,079) 298,15 (1,117390575 - 1)$$

$$+ \frac{3,887}{2} (298,15)^2 (1,117390575^2 - 1)$$

$$+ \frac{-0,0105}{3} (298,15)^3 (1,117390575^3 - 1)$$

$$+ \frac{0,0000089}{298,15} \times \frac{1,117390575 - 1}{1,117390575}$$

$$= -9.740,111 \text{ kJ/kmol}$$

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} dT = 9.740,111 \times 8,314$$

$$= -80.979,288 \text{ kJ/kmol}$$

Nilai (ΔH°_r) pada 333,15 K adalah :

$$\begin{aligned} \Delta H_{r, 333\text{ K}}^{\circ} &= \Delta H_f^{\circ} + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R} dT \\ &= -67,11 + (-80.979,288) \\ &= -81.046,398 \text{ kJ/kmol} \\ &= -8,105 \times 10^4 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

Reaksi pembentukan produk *t-Butyl Alcohol* bersifat eksotermis yang ditandai dengan nilai ($\Delta H_{r, 333\text{ K}}^{\circ}$) bernilai negative.

b. Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Energi Bebas Gibbs Pembentukan (ΔG_f°)

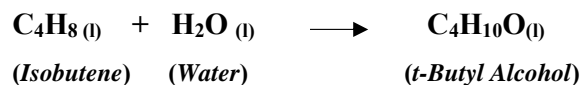
ΔG menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia yang terjadi. Jika ΔG bernilai positif (+) atau $\Delta G > 0$, menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan. Sedangkan, jika ΔG bernilai negative (-) atau $\Delta G < 0$ menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi. Oleh karena itu, semakin kecil atau 26egative ΔG , maka reaksi tersebut akan semakin baik karena untuk berlangsung spontan energi yang dibutuhkan semakin kecil.

Tabel 2. 4 Data Energi Bebas Gibbs (ΔG_f°) pada suhu 25°C (298,15 K)

Komponen	$\Delta G_f^{\circ}_{298}$ (kJ/kmol)
C ₄ H ₈	58,07
H ₂ O	-228,60
C ₄ H ₁₀ O	-191,04

Sumber : Yaws, 1999

Reaksi :



- **Menghitung nilai energi bebas gibbs (ΔG°) pada suhu 25°C (298,15 K) (keadaan standar)**

$$\Delta G^\circ_{f 298 K} = \sum(n\Delta G^\circ_{f \text{ produk}}) - \sum(n\Delta G^\circ_{f \text{ reaktan}})$$

$$\Delta G^\circ_{f 298 K} = -191,04 - (58,07 + (-228,60))$$

$$\Delta G^\circ_{f 298 K} = -20,51 \text{ kJ/kmol}$$

- **Menghitung nilai energi bebas gibbs (ΔG°) pada suhu 35°C (308,15 K) (proses I)**

$$\Delta G^\circ_r = \Delta H^\circ_0 - T \Delta S^\circ \quad (\text{Smith, 2001})$$

Dimana,

$$\Delta S^\circ = \Delta S^\circ_0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} dT$$

$$\Delta S^\circ_0 = \frac{\Delta H_0 - \Delta G_0}{T_0}$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} dT = (\Delta A) \ln \tau + \left[\Delta B T_0 + (\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2}) \left(\frac{\tau + 1}{2} \right) \right] (\tau - 1)$$

Sehingga,

$$\Delta G^\circ_r = \Delta H_0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} dT - T \Delta S^\circ_0 - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G^\circ_r = \Delta H_0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0 - \Delta G_0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} \frac{dT}{T}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} \frac{dT}{T} &= (\Delta A) \ln \tau + \left[\Delta B T_0 + (\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2}) \left(\frac{\tau + 1}{2} \right) \right] (\tau - 1) \\ &= (-459,079) \ln 1,033540164 + [3,887 \times 298,15 \\ &\quad + \frac{0,0000089}{(1,033540164^2)} * (298,15^2)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times \left(\frac{1,033540164+1}{2} \right)] \times (1,033540164-1) \\ & = -7,420 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = -7,420 \times 8,314 \times 308,15 = -19.011,143 \text{ kJ/kmol}$$

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = -20.349,400 \text{ kJ/kmol}$$

$$\begin{aligned} \Delta G_{r, 308}^\circ &= (-67,11) - \left(\frac{308,15}{298,15} \right) \times (-46,600) + (-20.349,400) - (-19.011,143) \\ &= -1.357,204 \text{ kJ/kmol} \\ &= -1,357 \times 10^3 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

Karena $\Delta G_{r, 308}^\circ$ bernilai 28egative, maka reaksi berjalan dengan spontan.

- **Menghitung nilai energi bebas gibbs (ΔG°) pada suhu 60°C (333,15 K) (proses II)**

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_0^\circ - T \Delta S^\circ \quad (\text{Smith, 2001})$$

Dimana,

$$\Delta S^\circ = \Delta S_0^\circ + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$$

$$\Delta S_0^\circ = \frac{\Delta H_0 - \Delta G_0}{T_0}$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = (\Delta A) \ln \tau + \left[\Delta B T_0 + (\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2}) \left(\frac{\tau + 1}{2} \right) \right] (\tau - 1)$$

Sehingga,

$$\Delta G^{\circ}_r = \Delta H_0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} dT - T \Delta S^{\circ}_0 - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G^{\circ}_r = \Delta H_0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0 - \Delta G_0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} \frac{dT}{T}$$

Maka,

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} \frac{dT}{T} = (\Delta A) \ln \tau + \left[\Delta B T_0 + (\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2}) \left(\frac{\tau + 1}{2} \right) \right] (\tau - 1)$$

$$= (-459,079) \ln 1,117390575 + [3,887 \times 298,15 + ((-0,0105 \times (298,15^2))) + \frac{0,0000089}{(1,117390575^2) \times (298,15^2)} \times \left(\frac{1,117390575 + 1}{2} \right)] \times (1,117390575 - 1)$$

$$= -22,805 \text{ kJ/kmol}$$

$$RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} \frac{dT}{T} = (-22,805) \times 8,314 \times 333,15 = -63.167,266 \text{ kJ/kmol}$$

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} dT = -80.979,288 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta G^{\circ}_{r 333} = (-67,11) - \left(\left(\frac{333,15}{298,15} \right) \times (-46,6) + (-80.979,288) - (-63.167,266) \right)$$

$$= -17.827,062 \text{ kJ/kmol}$$

$$= -1,783 \times 10^4 \text{ kJ/kmol}$$

Karena $\Delta G^{\circ}_{r 333 \text{ K}}$ bernilai negative, maka reaksi berjalan dengan spontan.

Tabel 2. 5 Perbandingan Proses Produksi *t-Butyl Alcohol*

Kriteria	Proses I	Proses II
Bahan baku	<i>Mixed C₄Hydrocarbon (major isobutene)</i> dan Air	<i>Mixed C₄Hydrocarbon (major isobutene)</i> dan Air
Katalis	Asam Sulfat	<i>Styrene Divinyl Benzene (Amberlyst-15)</i>
Solven	Gliserol	Gliserol
Suhu	35°C	60°C
Tekanan	5 atm	11 atm

Konversi	48%	97%
Yield	88%	95,2%
Produk Samping	<i>sec-Butyl Alcohol</i>	<i>sec-Butyl Alcohol</i>
ΔH°_r	$-2,416 \times 10^4$ kJ/kmol	$-8,105 \times 10^4$ kJ/kmol
ΔG°_r	$-1,357 \times 10^3$ kJ/kmol	$-1,783 \times 10^4$ kJ/kmol
Keuntungan	Rp. 20.004.795.781,11 /tahun	Rp. 32.235.263.084,53 /tahun

Berdasarkan perbandingan kedua proses diatas, maka dipilihlah proses pembuatan *t-Butyl Alcohol* menggunakan katalis *Styrene Divinyl Benzene (Amberlyst-15)* dengan pertimbangan :

1. Kondisi operasi yaitu suhu dan tekanan yang digunakan relatif rendah
2. Yield *t-Butyl Alcohol* yang dihasilkan besar, yaitu mencapai 95%
3. Secara termodinamika energi gibbs yang dihasilkan memungkinkan reaksi untuk berlangsung secara spontan dan sedikit membutuhkan energi
4. Secara ekonomi, keuntungan yang diperoleh lebih besar

2.3 Uraian Proses

Proses pembuatan *t-Butyl Alcohol* secara garis besar dibagi menjadi tiga tahap yaitu :

2.3.1 Tahap penyiapan bahan baku

Tahap penyiapan bahan baku bertujuan untuk mengkondisikan umpan agar sesuai dengan kondisi reaktor, yaitu suhu reaktan masuk reaktor 60°C dan tekanan reaktor 11 atm. Bahan baku *isobutene* berupa *mixed C₄ Hydrocarbon (major isobutene)* (2,4% *i-Butane*, 60,9% *i-Butene*, 20% *1-Butene*, 5,7% *n-Butane*, 5% *c-Butene*, 6% *t-Butene*) dialirkan langsung dari PT. Chandra Asri Petrochemical menggunakan pipa (*pipeline*). Selanjutnya, *Mixed C₄ Hydrocarbon* disesuaikan kondisi operasinya dengan kebutuhan yaitu tekanan 11 atm menggunakan kompresor dan suhu 60 °C dengan melakukan pemanasan menggunakan *heater*. Bahan baku air dengan suhu 30 °C diambil dari tangki penyimpanan air di unit

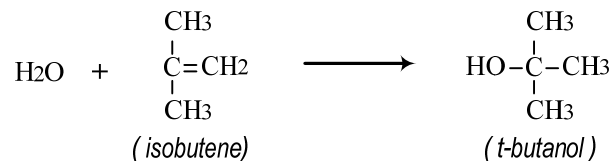
utilitas dan dialirkan ke reaktor. Sebelum masuk ke reaktor, air dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu 60°C menggunakan *heater*.

2.3.2 Tahap Pembentukan Produk

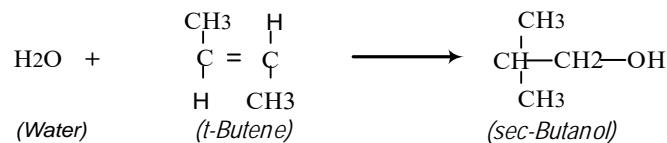
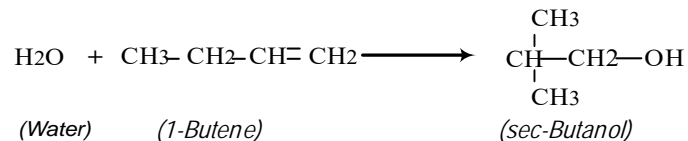
Tahap ini bertujuan untuk mereaksikan *isobutene* cair dan air dalam Reaktor *Fixed Bed*. Reaksi yang terjadi yaitu reaksi hidrasi antara *isobutene* dengan air dalam fasa cair. Reaktor yang digunakan yaitu Reaktor *Fixed Bed* dengan katalis *Styrene Divinyl Benzene (Amberlyst-15)*. *Isobutene* bereaksi dengan air lalu menghasilkan *t-Butyl Alcohol* (TBA). Rasio *isobutene* dan air yang digunakan adalah 1 : 1,1. Reaksi ini terjadi pada kondisi operasi 60 °C dan tekanan 11 atm dengan konversi 97%. Di dalam reaktor juga terjadi reaksi samping antara *1-Butene* dengan air, *c-butene* dengan air, *t-butene* dengan air yang membentuk *sec-Butyl Alcohol*.

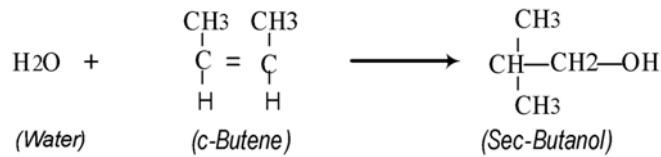
Reaksi yang terjadi di dalam reaktor :

Reaksi utama :



Reaksi samping :





2.3.3 Tahap Purifikasi Produk

Produk keluaran dari reaktor selanjutnya dialirkan ke *expander valve* untuk menurunkan tekanan menjadi 1 atm. Tujuan penurunan tekanan disini adalah untuk mempermudah proses pemisahan komponen *Mixed C₄ Hydrocarbon* di *Knock Out Drum*. Kemudian pada *Knock Out Drum*, dilakukan pemisahan berdasarkan gaya gravitasi, dimana pada suhu 44,350°C dan tekanan 1 atm komponen C₄ hidrokarbon berada pada fase gas, sedangkan *t-Butyl Alcohol*, *sec-Butyl Alcohol* dan air berada pada fase liquid. Keluaran dari *top Knock Out Drum* berupa komponen *Mixed C₄ Hydrocarbon* selanjutnya dialirkan ke Tangki Penyimpanan *Mixed C₄ Hydrocarbon* sedangkan aliran *bottom* dari *Knock Out Drum* dialirkan ke *Extractive Distillation Colomn* (EDC) untuk memisahkan *t-Butyl Alcohol* dari air, *sec-Butyl Alcohol*, dan solven gliserol. Keluaran *top* dari EDC dialirkan ke *Cooler* sebelum masuk ke dalam tangki *t-Butyl Alcohol*. Sedangkan, keluaran *bottom* dari EDC dialirkan ke *Distillation Colomn* (DC) I untuk memisahkan *sec-Butyl Alcohol* dari air dan solven gliserol. Dimana, keluaran *top* dari DC I dialirkan ke *Cooler* sebelum masuk ke dalam tangki *sec-Butyl Alcohol*. Sedangkan, keluaran *bottom* dari DC I dialirkan ke Evaporator. Pada Evaporator, bertujuan untuk memisahkan air dan solven gliserol. Keluaran *top* dari Evaporator yaitu uap air dan dialirkan ke *Condensor* menjadi air kondensat yang akan diproses pada *Water Treatment* dan digunakan kembali. Sedangkan, keluaran *bottom* dari Evaporator yaitu solven gliserol akan di-*recycle* ke *Extractive Distillation Colomn* (EDC).

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama

Bahan baku pembuatan *t-Butyl Alcohol* terdiri dari :

3.1.1 *Mixed C₄ Hydrocarbon (Major isobutene)*

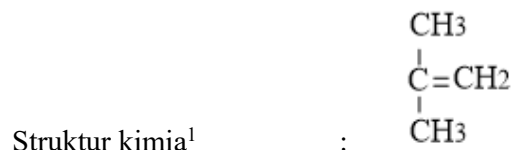
Tabel 3. 1 Komposisi *Mixed C₄ Hydrocarbon (Major isobutene)*

Komposisi <i>Mixed C₄ Hydrocarbon</i>	% Massa
i-C ₄ H ₁₀ (inert)	2,4
i-C ₄ H ₈	60,9
1- C ₄ H ₈	20
n-C ₄ H ₁₀ (inert)	5,7
c- C ₄ H ₈	5
t- C ₄ H ₈	6
Total	100

Sumber : PT Chandra Asri Petrochemical Tbk., 2022

a. Isobutene

Nama lain² : *Isobutylene, 1-Propene, 1,1 Dimethylethylene, Isopropylidenemethylene, i-Butene, 2-Methylpropylene, 2-Methylpropene, 2-Methyl-2-Propene, 2-Methyl-1-Propene*



Rumus molekul¹ : i-C₄H₈

Berat molekul (BM)¹ : 56,107 kg/kmol

Wujud² : Gas

Warna² : Tidak Berwarna

Titik leleh (T_f)¹ : 132,81 K = -140,34 °C

Titik didih (T_b)¹ : 266,25 K = -6,9 °C

Temperatur kritis (T_c)¹ : 417,90 K = 144,75 °C


Tekanan kritis (P_c)¹ : 39,99 bar = 39,467 atm

Densitas (ρ)¹ : 0,589 gr/mL

*Solubility*² : *insoluble*

ΔH_{f 298} (1 atm)¹ : -16,9 kJ/kmol

ΔG_{f 298} (1 atm)¹ : 58,07 kJ/kmol

Hazard pictogram² : 

<i>Signal word</i> ²	: Berbahaya
<i>Hazard statements</i> ²	: - Gas yang sangat mudah terbakar - Dapat membentuk campuran eksplosif dengan udara - Mengandung gas di bawah tekanan - Dapat meledak jika dipanaskan - Dapat menggantikan oksigen di udara dan menyebabkan sesak nafas dengan cepat
<i>Prevention</i> ²	: Jauhkan dari panas, permukaan yang panas, percikan api, api terbuka dan sumber pengapian lainnya, serta dilarang merokok dikawasan tersebut
<i>Response</i> ²	: Jika terjadi kebakaran gas bocor jangan dipadamkan, kecuali jika kebocoran dapat dihentikan dengan aman serta hilangkan semua sumber pengapian jika aman untuk dilakukan
<i>Storage</i> ²	: - Simpan sesuai dengan peraturan setempat - Simpan di area terpisah dan disetujui - Simpan jauh dari sinar matahari langsung - Simpan ditempat yang kering, sejuk, dan berventilasi baik serta jauh dari bahan yang tidak kompatibel, serta jauh dari sumber api - Tangki penyimpanan harus disimpan tegak, dengan tutup pelindung katup di tempatnya, dan diamankan dengan kuat untuk mencegah jatuh atau terguling. Suhu pada tangki penyimpanan tidak boleh melebihi 52 °C (125 °F).

- Simpan bahan pada wadah tertutup rapat dan tersegel sampai siap digunakan

Sumber : ¹Yaws, 1999

²*Material Safety Data Sheet (MSDS) Isobutene*

b. 1-Butene

Nama lain² : *Butylene, n-Butene, Ethylethylene, n-Butylene, 1-Butylene, alpha-Butylene, alpha-Butene*

Struktur kimia¹ : $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$

Rumus molekul¹ : $1-\text{C}_4\text{H}_8$

Berat molekul (BM)¹ : 56,107 kg/kmol

Wujud² : Gas

Warna² : Tidak Berwarna

Titik leleh (T_f)¹ : 87,80 K = -185,35 °C

Titik didih (T_b)¹ : 266,90 K = -6,25 °C

Temperatur kritis (T_c)¹ : 419,59 K = 146,44 °C


Tekanan kritis (P_c)¹ : 40,20 bar = 39,674 atm

Densitas (ρ)¹ : 0,588 gr/ml

*Solubility*² : *insoluble*

$\Delta H^\circ_f 298 (1 \text{ atm})^1$: -0,13 kJ/kmol

$\Delta G^\circ_f 298 (1 \text{ atm})^1$: 71,30 kJ/kmol

*Hazard pictogram*² : 

<i>Signal word</i> ²	: Berbahaya
<i>Hazard statements</i> ²	: - Gas yang sangat mudah terbakar - Dapat membentuk campuran eksplosif dengan udara - Mengandung gas di bawah tekanan - Dapat meledak jika dipanaskan - Dapat menggantikan oksigen di udara dan menyebabkan sesak nafas dengan cepat
<i>Prevention</i> ²	: Jauhkan dari panas, permukaan yang panas, percikan api, api terbuka dan sumber pengapian lainnya, serta dilarang merokok dikawasan tersebut
<i>Response</i> ²	: Jika terjadi kebakaran gas bocor jangan dipadamkan, kecuali jika kebocoran dapat dihentikan dengan aman serta hilangkan semua sumber pengapian jika aman untuk dilakukan
<i>Storage</i> ²	: - Simpan sesuai dengan peraturan setempat - Simpan di area terpisah dan disetujui - Simpan jauh dari sinar matahari langsung - Simpan ditempat yang kering, sejuk, dan berventilasi baik serta jauh dari bahan yang tidak kompatibel, serta jauh dari sumber api - Tangki penyimpanan harus disimpan tegak, dengan tutup pelindung katup di tempatnya, dan diamankan dengan kuat untuk mencegah jatuh atau terguling. Suhu pada tangki penyimpanan tidak boleh melebihi 52 °C (125 °F).

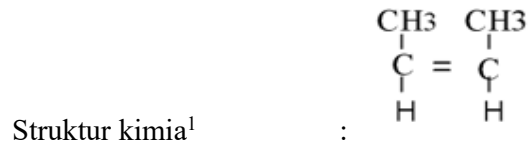
- Simpan bahan pada wadah tertutup rapat dan tersegel sampai siap digunakan

Sumber : ¹Yaws, 1999

²Material Safety Data Sheet (MSDS) 1-Butene

c. cis-2-Butene

Nama lain² : cis-Butene, cis-Butylene,
cis-1,2-Dimethylethylene



Rumus molekul¹ : c-C₄H₈

Berat molekul (BM)¹ : 56,107 kg/kmol

Wujud² : Gas

Warna² : Tidak Berwarna

Titik leleh (T_f)¹ : 134,26 K = -138,89 °C

Titik didih (T_b)¹ : 276,87 K = 3,72 °C

Temperatur kritis (T_c)¹ : 435,58 K = 162,43 °C


Tekanan kritis (P_c)¹ : 42,06 bar = 41,509 atm

Densitas (ρ)¹ : 0,617 gr/ml

Solubility² : *insoluble*

ΔH_{f 298}¹ (1 atm)¹ : -6,99 kJ/kmol

ΔG_{f 298}¹ (1 atm)¹ : 65,86 kJ/kmol

Hazard pictogram² : 

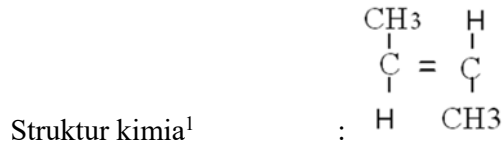
<i>Signal word</i> ²	: Berbahaya
<i>Hazard statements</i> ²	: - Gas yang sangat mudah terbakar - Dapat membentuk campuran eksplosif dengan udara - Mengandung gas di bawah tekanan - Dapat meledak jika dipanaskan - Dapat menggantikan oksigen di udara dan menyebabkan sesak nafas dengan cepat
<i>Prevention</i> ²	: Jauhkan dari panas, permukaan yang panas, percikan api, api terbuka dan sumber pengapian lainnya, serta dilarang merokok dikawasan tersebut
<i>Response</i> ²	: Jika terjadi kebakaran gas bocor jangan dipadamkan, kecuali jika kebocoran dapat dihentikan dengan aman serta hilangkan semua sumber pengapian jika aman untuk dilakukan
<i>Storage</i> ²	: - Simpan sesuai dengan peraturan setempat - Simpan di area terpisah dan disetujui - Simpan jauh dari sinar matahari langsung - Simpan ditempat yang kering, sejuk, dan berventilasi baik serta jauh dari bahan yang tidak kompatibel, serta jauh dari sumber api - Tangki penyimpanan harus disimpan tegak, dengan tutup pelindung katup di tempatnya, dan diamankan dengan kuat untuk mencegah jatuh atau terguling. Suhu tangki penyimpanan tidak boleh melebihi 52 °C (125 °F).

Sumber : ¹Yaws, 1999

²Material Safety Data Sheet (MSDS) *cis-2-Butene*

d. *trans-2-Butene*

Nama lain² : *trans-Butene, trans-1,2-Dimethylethylene*



Rumus molekul¹ : t-C₄H₈

Berat molekul (BM)¹ : 56,107 kg/kmol

Wujud² : Gas

Warna² : Tidak Berwarna

Titik leleh (T_f)¹ : 167,62 K = -105,53 °C

Titik didih (T_b)¹ : 274,03 K = 0,88 °C

Temperatur kritis (T_c)¹ : 428,63 K = 155,48 °C


Tekanan kritis (P_c)¹ : 41,02 bar = 40,483 atm

Densitas (ρ)¹ : 0,599 gr/ml

*Solubility*² : *insoluble*

ΔH_{f 298}¹ (1 atm)¹ : -11,17 kJ/kmol

ΔG_{f 298}¹ (1 atm)¹ : 62,97 kJ/kmol

*Hazard pictogram*² : 

*Signal word*² : Berbahaya

*Hazard statements*² : - Gas yang sangat mudah terbakar

- Dapat membentuk campuran eksplosif dengan udara
- Mengandung gas di bawah tekanan
- Dapat meledak jika dipanaskan
- Dapat menggantikan oksigen di udara dan menyebabkan sesak nafas dengan cepat

Prevention²

: Jauhkan dari panas, permukaan yang panas, percikan api, api terbuka dan sumber pengapian lainnya, serta dilarang merokok dikawasan tersebut

Response²

: Jika terjadi kebakaran gas bocor jangan dipadamkan, kecuali jika kebocoran dapat dihentikan dengan aman serta hilangkan semua sumber pengapian jika aman untuk dilakukan

Storage²

- Simpan sesuai dengan peraturan setempat
- Simpan di area terpisah dan disetujui
- Simpan jauh dari sinar matahari langsung
- Simpan ditempat yang kering, sejuk, dan berventilasi baik serta jauh dari bahan yang tidak kompatibel, serta jauh dari sumber api
- Tangki penyimpanan harus disimpan tegak, dengan tutup pelindung katup di tempatnya, dan diamankan dengan kuat untuk mencegah jatuh atau terguling. Suhu pada tangki penyimpanan tidak boleh melebihi 52 °C (125 °F).
- Simpan bahan pada wadah tertutup rapat dan tersegel sampai siap digunakan

Sumber : ¹Yaws, 1999

e. Isobutane

Nama lain² : *Propane, 2-Methylpropane, Trimethylmethane, 1,1-Dimethylethane*



Rumus molekul¹ : *i*-C₄H₁₀

Berat molekul (BM)¹ : 58,123 kg/kmol

Wujud² : Gas

Warna² : Tidak Berwarna

Titik leleh (T_f)¹ : 113,54 K = -159,61 °C

Titik didih (T_b)¹ : 261,43 K = -11,72 °C

Temperatur kritis (T_c)¹ : 408,14 K = 134,99 °C


Tekanan kritis (P_c)¹ : 36,48 bar = 36,002 atm

Densitas (ρ)¹ : 0,552 gr/ml

*Solubility*² : *slight*

ΔH_f^o₂₉₈ (1 atm)¹ : -134,52 kJ/kmol

ΔG_f^o₂₉₈ (1 atm)¹ : -20,88 kJ/kmol

*Hazard pictogram*² : 

*Signal word*² : Berbahaya

*Hazard statements*² : - Gas yang sangat mudah terbakar

- Dapat membentuk campuran eksplosif dengan udara
 - Mengandung gas di bawah tekanan
 - Dapat meledak jika dipanaskan
 - Dapat menyebabkan radang dingin (*frostbite*)
 - Dapat menggantikan oksigen di udara dan menyebabkan sesak nafas dengan cepat
- Prevention*² : Jauhkan dari panas, permukaan yang panas, percikan api, api terbuka dan sumber pengapian lainnya, serta dilarang merokok dikawasan tersebut
- Response*² : Jika terjadi kebakaran gas bocor jangan dipadamkan, kecuali jika kebocoran dapat dihentikan dengan aman serta hilangkan semua sumber pengapian jika aman untuk dilakukan
- Storage*² : - Simpan sesuai dengan peraturan setempat
- Simpan di area terpisah dan disetujui
 - Simpan jauh dari sinar matahari langsung
 - Simpan ditempat yang kering, sejuk, dan berventilasi baik serta jauh dari bahan yang tidak kompatibel, serta jauh dari sumber api
 - Tangki penyimpanan harus disimpan tegak, dengan tutup pelindung katup di tempatnya, dan diamankan dengan kuat untuk mencegah jatuh atau terguling. Suhu pada tangki penyimpanan tidak boleh melebihi 52 °C (125 °F).

- Simpan bahan pada wadah tertutup rapat dan tersegel sampai siap digunakan

Sumber : ¹Yaws, 1999

²*Material Safety Data Sheet (MSDS) Isobutane*

f. *n-Butane*

Nama lain² : *Methylethylmethane, Diethyl, Butyl hydride, normal-Butane*

Struktur kimia¹ : $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

Rumus molekul¹ : $\text{n-C}_4\text{H}_{10}$

Berat molekul (BM)¹ : 58,123 kg/kmol

Wujud² : Gas

Warna² : Tidak Berwarna

Titik leleh (T_f)¹ : 183,85 K = -89,3 °C

Titik didih (T_b)¹ : 390,81 K = 117,66 °C

Temperatur kritis (T_c)¹ : 562,93 K = 289,78 °C


Tekanan kritis (P_c)¹ : 44,13 bar = 43,552 atm

Densitas (ρ)¹ : 0,573 gr/mL

*Solubility*² : *insoluble*

ΔH°_{f298} (1 atm)¹ : -126,15 kJ/kmol

ΔG°_{f298} (1 atm)¹ : -17,15 kJ/kmol

*Hazard pictogram*² : 

*Signal word*² : Berbahaya

- Hazard statements*² : - Gas yang sangat mudah terbakar
- Dapat membentuk campuran eksplosif dengan udara
 - Mengandung gas di bawah tekanan
 - Dapat meledak jika dipanaskan
 - Dapat menggantikan oksigen di udara dan menyebabkan sesak nafas dengan cepat
- Prevention*² : Jangan letakkan tangki penyimpanan didekat area kendaraan yang tidak berventilasi, jauhkan dari panas, permukaan yang panas, percikan api, api terbuka serta dilarang merokok dikawasan tersebut, gunakan dan simpan bahan hanya diluar ruangan atau ditempat berventilasi baik
- Response*² : Jika terjadi kebakaran gas bocor jangan dipadamkan, kecuali jika kebocoran dapat dihentikan dengan aman serta hilangkan semua sumber pengapian jika aman untuk dilakukan
- Storage*² : - Simpan sesuai dengan peraturan setempat
- Simpan di area terpisah dan disetujui
 - Simpan jauh dari sinar matahari langsung
 - Simpan ditempat yang kering, sejuk, dan berventilasi baik serta jauh dari bahan yang tidak kompatibel, serta jauh dari sumber api
 - Tangki penyimpanan harus disimpan tegak, dengan tutup pelindung katup di tempatnya, dan diamankan dengan kuat untuk mencegah jatuh atau terguling. Suhu

pada tangki penyimpanan tidak boleh melebihi 52 °C (125 °F).

- Simpan bahan pada wadah tertutup rapat dan tersegel sampai siap digunakan

Sumber : ¹Yaws, 1999

²*Material Safety Data Sheet (MSDS) n-Butane*

3.1.2 Air

Rumus Molekul ¹	: H ₂ O
Berat Molekul (BM) ¹	: 18,015 kg/kmol
Warna ²	: Tak berwarna
Wujud ²	: Cair
pH ²	: 7
Titik Didih (T _b) ¹	: 373,15 K = 100 °C
Titik Beku (T _f) ¹	: 273,15 K = 0 °C
Temperatur kritis (T _c) ¹	: 647,13 K = 373,98 °C
Tekanan kritis (P _c) ¹	: 220,55 bar = 217,665 atm
Densitas (ρ) ¹	: 1,027 gr/mL
ΔH ^o _{f 298} (1 atm) ¹	: -241,80 kJ/kmol
ΔG ^o _{f 298} (1 atm) ¹	: -228,60 kJ/kmol
<i>Hazard statements</i> ²	: Tidak diklasifikasikan sebagai bahan kimia berbahaya
<i>Storage</i> ²	: Simpan pada tempat tertutup saat tidak Digunakan

Syarat baku air proses (Air Demineral) disajikan pada Tabel 3.1.³

Tabel 3.2 Syarat baku air proses

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Kekeruhan	NTU	Maks. 1,5
2	Zat yang terlarut	Mg/L	Maks. 10
3	Total organik karbon	Mg/L	Maks. 0,5
4	Bromat	Mg/L	Maks. 0,01
5	Perak (Ag)	Mg/L	Maks. 0,025
6	Kadar karbon dioksida (CO ₂) bebas	Mg/L	3.000 – 5.890
7	Kadar oksigen (O ₂) terlarut awal	Mg/L	Min. 40,0
8	Kadar oksigen (O ₂) terlarut akhir	Mg/L	Min. 20,0
9	Cemaran logam :		
	Timbal (Pb)	mg/L	Maks. 0,005
	Tembaga (Cu)	mg/L	Maks. 0,5
	Kadmium (Cd)	mg/L	Maks. 0,003
	Merkuri (Hg)	mg/L	Maks. 0,001
10	Cemaran arsen (As)	mg/L	Maks. 0,01
11	Cemaran mikroba :		
	Coliform	Koloni/250 ml	Tidak Terdeteksi
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Koloni/250 ml	Tidak Terdeteksi

Sumber : ¹Yaws, 1999

²*Material Safety Data Sheet (MSDS) Water*

³Standar Nasional Indonesia (SNI) 6241:2015

3.2 Spesifikasi Bahan Baku Penunjang

3.2.1. Katalis *Styrene Divinyl Benzene (Amberlyst-15)*

Nama Lain¹ : *Divinylbenzene-Styrenesulfonic*

*Acid Copolymer, 1,2-bis-(Ethenyl)
Benzene, 2-Ethenylbenzenesulfonic
Acid*

Rumus molekul ¹	: C ₁₈ H ₁₈ O ₃ S
Berat molekul (BM) ¹	: 314,39 kg/kmol
Titik didih ¹	: 516,7 °C
Titik nyala ¹	: 266,3 °C
Tipe ²	: <i>Strongly acidic, macroporous</i>
Bentuk katalis/fase ²	: <i>Spherical (Bola) / Padat</i>
Temperatur operasi maksimum ²	: 393 K = 119,85 °C
<i>Surface area</i> ²	: 50 x 10 ³ m ² /kg
Porositas ²	: 0,36
Diameter partikel katalis ²	: 6,3 mm = 0,63 cm
Densitas katalis ³	: 1,25 g/cm ³
<i>Hazard statements</i> ³	: Tidak teridentifikasi
<i>Prevention</i> ³	: Jauhkan produk dari panas dan sumber api
<i>Response</i> ³	: Jika terjadi kebakaran, kenakan alat bantu pernapasan sesuai tekanan (MSHA/NIOSH) dan alat pelindung penuh
<i>Storage</i> ³	: Simpan pada tempat tertutup rapat, kering, sejuk, dan berventilasi baik

Sumber : ¹chemsrc.com

²Velo, E., 1988

³Material Safety Data Sheet (MSDS) Amberlyst-15

3.2.2. Solvent Gliserol

Nama Lain ¹	: <i>1,2,3-Propanetriol, Glycerin, Protol, 1,2,3-Trihydroxylpropane, Glycyc Alcohol, Gliceritol</i>
Rumus molekul ¹	: C ₃ H ₈ O ₃
Berat molekul (BM) ¹	: 92,09 kg/kmol
Wujud ²	: Cair
Warna ²	: Tidak berwarna
Titik didih (T _b) ¹	: 563,15 K = 290 °C
Titik leleh (T _f) ¹	: 291,15 K = 18 °C
Temperatur kritis (T _c) ¹	: 723 K = 449,85 °C
Tekanan kritis (P _c) ¹	: 66,90 bar = 66,02 atm
Densitas (ρ) ¹	: 1,25 gr/mL
<i>Solubility</i> ²	: <i>Miscible</i>
ΔH ^o _{f 298} (1 atm) ¹	: -582,80 kJ/kmol
ΔG ^o _{f 298} (1 atm) ¹	: -448,49 kJ/kmol
Kemurnian ²	: 99%
<i>Hazard pictogram</i> ²	: -
<i>Signal word</i> ²	: Tidak Berbahaya
<i>Hazard statements</i> ²	: - Dapat menyebabkan iritasi pada mata - Dapat mengiritasi kulit

- Dapat menyebabkan iritasi gastrointestinal apabila tertelan dalam jumlah besar dan dapat menyebabkan sakit kepala
- Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan apabila terhirup

Prevention²

- : - Gunakanacamata pelindung saat menangani bahan
- Gunakan sarung tangan pelindung yang sesuai untuk mencegah paparan ke kulit
- Gunakan pakaian kedap air untuk meminimalisir adanya kontak langsung dengan tubuh atau kulit
- Gunakan alat respirator untuk mencegah bahan terhirup

Response²

- : - Jika terhirup, segera bawa ketempat dengan udara segar, jika tidak bernapas berikan napas buatan serta hubungi dokter/tenaga medis untuk penanganan lebih lanjut
- Jika terkena kulit segera cuci tangan menggunakan sabun dan air yang banyak kemudian segera dibawa menuju ke rumah sakit untuk mendapatkan tindakan medis.
- Jika terkena mata, bilas dengan air selama 15 menit serta hubungi dokter/tenaga medis untuk penanganan lebih lanjut
- Jika tertelan, jangan pernah memberikan apapun kedalam mulut orang yang sedang tidak sadarkan diri. Bilas mulut dengan air serta konsultasikan dengan tenaga

medis/dokter untuk penanganan lebih lanjut.

*Storage*² : - Simpan pada tangki yang tertutup rapat, tempat yang kering, sejuk, dan berventilasi baik

Sumber : ¹Yaws, 1999

²*Material Safety Data Sheet (MSDS) t-Butyl Alcohol*

3.3 Spesifikasi Produk

3.3.1 *t-Butyl Alcohol (TBA)*

Rumus molekul¹ : t-C₄H₁₀O

Struktur kimia¹ :
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$

Nama lain² : *2-Methyl-2-Propanol*

Berat molekul (BM)¹ : 74,123 kg/kmol

Wujud² : Cair

Warna² : Tidak berwarna

Titik didih (T_b)¹ : 356,15 K = 83,0 °C

Titik leleh (T_f)¹ : 298,97 K = 25,82 °C

Temperatur kritis (T_c)¹ : 506,20 K = 233,05 °C

Tekanan kritis (P_c)¹ : 39,72 bar = 39,2 atm


Densitas (ρ)¹ : 0,805 gr/mL

*Solubility*² : *Miscible*

ΔH_f^o₂₉₈ (1 atm)¹ : -325,81 kJ/kmol

ΔG°_f 298 (1 atm)¹ : -191,04 kJ/kmol

Kemurnian² : >95%

*Hazard pictogram*² : 

*Signal word*² : Berbahaya

*Hazard statements*² : - Cairan dan uap yang sangat mudah terbakar

- Dapat menyebabkan iritasi mata yang serius
- Berbahaya jika terhirup
- Dapat menyebabkan iritasi pernapasan
- Dapat menyebabkan kantuk dan pusing

*Prevention*² : - Gunakan hanya diluar ruangan atau area berventilasi baik

- Cuci tangan, wajah, dan kulit secara menyeluruh setelah menangani bahan
- Jangan menghirup debu, asap, gas, kabut, uap, atau semprotan dari bahan
- Jauhkan dari panas, percikan api, api terbuka, serta permukaan yang panas
- Dilarang merokok dikawasan tersebut
- Jaga tangki penyimpanan tertutup rapat
- Gunakan peralatan listrik, ventilasi, dan pencahayaan yang tahan ledakan
- Gunakan peralatan yang tidak memicu percikan
- Lakukan pencegahan terhadap muatan listrik statis


- Response*²
- Pakai sarung tangan pelindung, pakaian pelindung, pelindung mata, serta pelindung wajah
- : - Jika terhirup, segera bawa ketempat dengan udara segar dan istirahatkan dalam posisi yang nyaman untuk bernapas serta hubungi dokter/tenaga medis untuk penanganan lebih lanjut
- Jika terkena kulit atau rambut segera lepas pakaian yang terkontaminasi dan bilas kulit dengan air
 - Jika terkena mata, bilas dengan air serta hubungi dokter/tenaga medis untuk penanganan lebih lanjut
 - Jika terjadi kebakaran gunakan CO₂, *dry chemical* atau *foam* untuk pemadaman
- Storage*²
- : - Simpan pada tangki yang tertutup rapat, tempat yang kering, sejuk, dan berventilasi baik
- Jauhkan dari percikan panas, percikan api, dan nyala api
 - Jauhkan dari bahan yang tidak kompatibel, oksidator kuat, asam kuat, serta logam alkali

Sumber : ¹Yaws, 1999

²*Material Safety Data Sheet (MSDS) T-Butyl Alcohol*

3.3.2 *sec-Butyl Alcohol*

Rumus molekul ¹	: sec-C ₄ H ₁₀ O
Struktur kimia ¹	: $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Nama lain ²	: 2-Butanol
Berat molekul (BM) ¹	: 74,123 kg/kmol
Wujud ²	: Cair
Warna ²	: Tidak berwarna
Titik didih (T _b) ¹	: 373,05 K = 99,9 °C
Titik leleh (T _f) ¹	: 158,45 K = -114,7 °C
Temperatur kritis (T _c) ¹	: 536,01 K = 262,86 °C
Tekanan kritis (P _c) ¹	: 41,94 bar = 41,391 atm
Densitas (ρ) ¹	: 0,805 g/mL
<i>Solubility</i> ²	: <i>Soluble</i>
ΔH _{f 298} (1 atm) ¹	: -292,29 kJ/kmol
ΔG _{f 298} (1 atm) ¹	: -167,32 kJ/kmol
Kemurnian ²	: >95%

<i>Hazard pictogram</i> ²	: 
<i>Signal word</i> ²	: Berbahaya
<i>Hazard statements</i> ²	: - Cairan dan uap yang sangat mudah terbakar - Dapat menyebabkan iritasi mata yang serius

Prevention²

- Dapat menyebabkan iritasi pernapasan
- Dapat menyebabkan kantuk dan pusing
- : - Gunakan hanya diluar ruangan atau area berventilasi baik
- Cuci tangan, wajah, dan kulit secara menyeluruh setelah menangani bahan
- Jangan menghirup debu, asap, gas, kabut, uap, atau semprotan dari bahan
- Jauhkan dari panas, percikan api, api terbuka, serta permukaan yang panas
- Dilarang merokok dikawasan tersebut
- Jaga tangki penyimpanan tertutup rapat
- Gunakan peralatan listrik, ventilasi, dan pencahayaan yang tahan ledakan
- Gunakan peralatan yang tidak memicu percikan
- Lakukan pencegahan terhadap muatan listrik statis
- Pakai sarung tangan pelindung, pakaian pelindung, pelindung mata, serta pelindung wajah

Response²

- : - Jika terhirup, segera bawa ketempat dengan udara segar dan istirahatkan dalam posisi yang nyaman untuk bernapas serta hubungi dokter/tenaga medis untuk penanganan lebih lanjut
- Jika terkena kulit atau rambut segera lepas pakaian yang terkontaminasi dan bilas kulit dengan air

*Storage*²

- Jika terkena mata, bilas dengan air serta hubungi dokter/tenaga medis untuk penanganan lebih lanjut
- Jika terjadi kebakaran gunakan CO₂, *dry chemical* atau *foam* untuk pemadaman
- : - Simpan pada tangki yang tertutup rapat, tempat yang kering, sejuk, dan berventilasi baik
- Jauhkan dari percikan panas, percikan api, dan nyala api
- Dapat membentuk peroksida yang mudah meledak pada penyimpanan yang lama
- Jauhkan dari bahan yang tidak kompatibel, oksidator kuat, asam klorida, serta asam anhidrat

Sumber : ¹Yaws,1999

²*Material Safety Data Sheet (MSDS) Sec Butyl Alcohol*

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *t-Butyl Alcohol* dari *Isobutene* dan *Water* dengan Kapasitas 35.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. *Percent Return on Investment (ROI)* sesudah pajak adalah 29,40%.
2. *Pay Out Time (POT)* sesudah pajak adalah 2,139 tahun
3. *Break Even Point (BEP)* sebesar 45,25% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 20 – 60 % kapasitas produksi. *Shut Down Point (SDP)* sebesar 28,11%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF)* sebesar 44,66%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang yaitu 3% sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2 Saran

Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan dari hasil analisis ekonomi diatas maka pabrik *t-Butyl Alcohol* dari *Isobutene* dan *Water* dengan Kapasitas 35.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2023. Harga Bahan Kimia. Diakses melalui www.Alibaba.com.
- Badan Penyelenggara Jaminan Sosial. 2023. Diakses melalui www.bpjs-kesehatan.go.id.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui www.bps.go.id.
- Badger , W. L. and Banchero, J. T. 1955. "Introduction to Chemical Engineering"
 , Int ed , McGraw-Hill Book Company Inc. N.Y.
- Bausbacher, E., & Hunt, R. (1993). *Process Plant Layout and Piping Design*.
- Brown, G. G, 1950. *Unit Operations*, John Wiley & Sons: New York.
- Brownell, L. E. and Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design 3ed*, John Wiley & Sons, New York.
- Coulson, J. M. and Ricardson.J.F. 1983. *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed., Prentice-Hall International, Canada.
- Himmelblau. 1996. *Basic Principles and calculations in Chemical Enginering*, Prentice-Hall International, Tokyo.
- Joshi,M.V. 1981. "Process Equipment Design" , McGraw Hill Indian Ltd.
- Keputusan Kepala Bapedal Nomor 113 Tahun 2000 Tentang Pedoman Umum dan Pedoman Teknis Laboratorium Lingkungan.
- Kern.D. Q. 1983. *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Kirk, R. E and Othmer. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology*. International Student Edition. Mc.Graw-Hill Kogasuka Company Ltd, Tokyo.

Matches. 2014. Matche's Process Equipment Cost Estimates. Diakses melalui www.matches.com.

Material Safety Data Sheet. 2020. Amberlyst 15.

Material Safety Data Sheet. 2018. 1-Butene.

Material Safety Data Sheet. 2017. Cis-2-Butene.

Material Safety Data Sheet. 2018. Isobutane.

Material Safety Data Sheet. 2018. Isobutene.

Material Safety Data Sheet. 2020. N-Butane.

Material Safety Data Sheet. 2009. Sec-Butanol.

Material Safety Data Sheet. 2010. Tert-Butanol.

Material Safety Data Sheet. 2019. Trans-2-Butene.

Material Safety Data Sheet. 2020. Water.

Material Safety Data Sheet. 2022. Mixed C4 Hydrocarbon. PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk, Indonesia.

McCabe, W. L. & Smith, J. M. 1999. *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed., McGraw Hill Book Company, Singapore.

Megyesy, E. F. 1973. *Pressure vessel handbook*.

Nicholas, P. C., & Cheremisinoff, A. 2002. *Handbook of water and wastewater treatment technologies*. Press. USA, Boston, Washington, (1), 33-37.

Pergub Provinsi Banten No. 4 Tahun 2013 Tentang Petunjuk Pelaksanaan Peraturan Daerah Banten Nomor 1 Tahun 2011 Tentang Pajak Daerah

Permen PUPR Nomor 29/PRT/M/2018 Tahun 2018 Tentang Standar Teknis Standar Pelayanan Minimal Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Permenkes Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum.

Perry.R. H. and Green.D. 1997. Perry's Chemical Engineer Handbook 7th ed , McGraw-Hill Book Company, New York.

Pertamina. 2023. Diakses melalui www.pertamina.com.

Peter M. S. and Timmerhause K. D. 1991. Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3ed, McGraww-Hill Book Company, New York.

Powell, S. T. 1954. "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.

PP Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

PT. Sarana Catur Tirta Kelola. 2020. Adendum Andal, RKL-RPL Rencana Pengembangan Pembangunan SPAM Kabupaten Serang Bagian Timur.

Rase, H. F. & Holmes, J. R. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant*. vol 2, *Principles and Techniques*, John Wiley & Sons Inc. New York.

Severn, W. H. 1954. "Steam, Air and Gas Power" , Modern Engineering Asia Edition, John Wiley & Sons Inc,N.Y.

Smith, J. M. and Van Ness, H. H. 2005. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 7 th ed., McGraw Hill International Book Company, Singapore.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 6241:2015 Tentang Air Demineral.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 6774:2008 Tentang Air Bersih

- Standar Nasional Indonesia (SNI) 6897:2008 Tentang Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerja Dinding untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan.
- Stoecker, F. W dan J. W. Jones. 1989. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Terjemahan Supratman Hara. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Turton, R., Shaeiwitz J. A., Bhattacharyya, D., & Whiting W. B. 2018. *Analysys, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, 5th ed, Pearson Education Inc.
- Towler, G., & Sinnott, R. 2013. *Chemical Engineering Design*, 2nd ed., Elsevier Ltd., United Kingdom.
- Ulrich.G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Undang – Undang Nomor 5 Tahun 1999 Tentang Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat.
- Undang – Undang Nomor 40 Tahun 2007 Tentang Perseroan Terbatas.
- Vibrandt, F. C., & Dryden, C. E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design* (Vol. IV).
- Virginia Community Colleges. 2023. *Introduction too Water and Wastewater Treatment Tech*.
- Velo, E., Puigjaner, L., & Recasens, F. 1988. Inhibition by product in the liquid-phase hydration of isobutene to tert-butyl alcohol: kinetics and equilibrium studies. *Industrial & engineering chemistry research*, 27(12), 2224-2231.
- Walas, S.M. 1990. *Chemical Process Equipment*. 3rd ed. Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering, USA

Wang, L. K., Hung, Y. T., Lo, H. H., & Yapijakis, C. (Eds.). 2005. *Waste treatment in the process industries*. CRC Press.

Wilson, E. T. 2005. *Clarifier Design*. London : McGraw Hill Book Company.

Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co., New York.