

**PRARANCANGAN PABRIK ALPHA-TERPINEOL  
DARI ALPHA-PINENE DAN AIR  
KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN**

**Tugas Khusus**

**Perancangan *Distillation Column* (MD-401)**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**RIFKI AMIRUL HAKIM (1815041027)**



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

**2024**

**PRARANCANGAN PABRIK ALPHA-TERPINEOL  
KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan *Distillation Column* (MD-401))**

**Oleh  
Rifki Amirul Hakim  
1815041027**

**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  
2024**

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK ALPHA-TERPINEOL DARI ALPHA-PINENE DAN AIR DENGAN KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN (Perancangan *Distillation Column* (MD-401))

Oleh

RIFKI AMIRUL HAKIM

Pabrik Alpa-Terpineol akan didirikan di Pemalang, Jawa Tengah. Kapasitas produksi pabrik ini direncanakan sebanyak 36.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Kebutuhan bahan baku untuk menghasilkan produk sebanyak 36.000 ton sebanyak 7.098,677 kg/jam, air sebanyak 2.369,542 kg/jam, dan katalis asam kloroasetat sebanyak 677,710 kg/jam. Pabrik Alpa-Terpineol berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 170 orang.

Berdasarkan analisis ekonomi diperoleh:

<b><i>Fixed Capital Investment</i></b> (FCI)	= Rp 968.234.696.497
<b><i>Working Capital Investment</i></b> (WCI)	= Rp 170.864.946.440
<b><i>Total Capital Investment</i></b> (TCI)	= Rp 1.139.099.642.938
<b><i>Break Even Point</i></b> (BEP)	= 42 %
<b><i>Shut Down Point</i></b> (SDP)	= 29 %
<b><i>Pay Out Time after taxes</i></b> (POT) <sup>a</sup>	= 1,51 tahun
<b><i>Return on Investment before taxes</i></b> (ROI) <sup>b</sup>	= 59,65 %
<b><i>Return on Investment after taxes</i></b> (ROI) <sup>a</sup>	= 47,72 %
<b><i>Interest Rate of Return</i></b> (IRR)	= 14,03 %

Berdasarkan paparan diatas, pabrik Alpa-Terpineol ini dikaji lebih lanjut karena pendirian pabrik ini menguntungkan dan memiliki prospek yang baik.

Kata Kunci: Alpa-Pinene, Air, Asam Kloroasetat, Alpa-Terpineol, Ekonomi

## ABSTRACT

### MANUFACTURING OF ALPHA-TERPINEOL FROM ALPHA-PINENE AND WATER CAPACITY 36.000 TONS/YEAR (Design of *Distillation Column* (MD-401))

By

RIFKI AMIRUL HAKIM

The company of Alpa-Terpineol will be established in Pematang, Central Java. Production capacity is planned at 36.000 tons/year with operation 24 hour/day, 330 days/year. Requirement of raw material to produce 36.000 ton/tahun is 7.098,677 kg/hour alpa-pinene, 2.369,542 kg/hour water and 677,710 kg/hour choloacetic acid catalyst. The company form is a Limited Liability Company (PT) with a total of 179 employees.

An economic analysis of preliminary plant design of Alpa-terpineol are:

<b><i>Fixed Capital Investment</i></b> (FCI)	= Rp 968.234.696.497
<b><i>Working Capital Investment</i></b> (WCI)	= Rp 170.864.946.440
<b><i>Total Capital Investment</i></b> (TCI)	= Rp 1.139.099.642.938
<b><i>Break Even Point</i></b> (BEP)	= 42 %
<b><i>Shut Down Point</i></b> (SDP)	= 29 %
<b><i>Pay Out Time after taxes</i></b> (POT) <sup>a</sup>	= 1,51 tahun
<b><i>Return on Investment before taxes</i></b> (ROI) <sup>b</sup>	= 59,65 %
<b><i>Return on Investment after taxes</i></b> (ROI) <sup>a</sup>	= 47,72 %
<b><i>Interest Rate of Return</i></b> (IRR)	= 14,03 %

Based on the above considerations, the establishment of the Amyl Acetate factory should be studied further, because it is a profitable factory and has a good prospect.

Kata Kunci: Alpa-Pinene, Water, Chloroacetic Acid, Alpa-Terpineol, Economic

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK ALPHA-TERPINEOL  
DARI ALPHA-PINENE DAN AIR  
KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN  
(Perancangan *Distillation Column* (MD-  
401))**

Nama Mahasiswa : **Rifki Amirul Hakim**

No. Pokok Mahasiswa : 1815041027

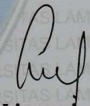
Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



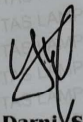


**Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**  
NIP. 19841008 200812 1 003



**Lia Lismeri, S.T., M.T.**  
NIP. 19850312 200812 2 004

Ketua Jurusan Teknik Kimia



**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP. 19740712 200003 2 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

Ketua : **Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**

Sekretaris : **Lia Lismeri, S.T., M.T.**

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Heri Rustamaji, S.T., M.Eng.**

**Panca Nugrahini F, S.T., M.T.**

**2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**

**Dr. Eng. Ir. Ichmy Fitriawan, S. T., M. Sc.**

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 Februari 2024**

## 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, 20 Februari 2024



Rifki Amirul Hakim

NPM. 1815041027

## RIWAYAT HIDUP



**Rifki Amirul Hakim**, penulis laporan skripsi ini dilahirkan di Trimurjo pada tanggal 3 Mei 2000, anak kedua dari pasangan Bapak Suroto dan Ibu Binti Amanah.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 11 Metro Pusat pada tahun 2012, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 3 Metro pada tahun 2015 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Kotagajah pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Staff Departemen Edukasi sejak tahun 2018 sampai 2019 dan mejadi Kepala Departemen Edukasi tahun 2020 pada Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Sebagai Staff Kominfo Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas (BEM-U) Universitas Lampung pada tahun 2020.

Pada tahun 2022, penulis melaksanakan penelitian dengan Judul “Pengaruh Penambahan Jerami Padi dan Tepung Ikan Terhadap Biogas dan NPK pada *Bio-Slurry*”. Selain itu, penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Simbarwaringin, Lampung Tengah dan melakukan Kerja Praktik (KP) di PT. Buma Cima Nusantara Unit Cinta Manis pada tahun 2021 dengan Tugas Khusus “Rancang Alat *Single Tray Clarifier*”.



# *Motto dan Persembahan*

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (Untuk urusan yang lain) dan hanya kepada tuhanmulah engkau berharap”

(QS. Al-Insyirah (94): 6-8)

“Setiap manusia yang dilahirkan di muka bumi memiliki masalah nya masing-masing, jadi belajar lah untuk berdiri diatas kakimu sendiri. Semua permasalahan yang datang harus kamu hadapi, karena semua masalah yang datang akan menjadi proses pendewasaan seseorang”

“Jalanin aja dulu perkara hasil sudah Allah yang tentukan”

*Sebuah KaryaKu....*

*Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:*

*Allah SWT*

*Karena kehendak-Nya, semua ini dapat ku peroleh.  
Atas berkah dan karunia-Nya, aku bisa menyelesaikan karya kecil ini.  
Atas karunia dan anugerah-Nya, aku bisa bertahan selama ini.*

*Bapak dan ibu,  
terima kasih atas segalanya, doa, kasih sayang, pengorbanan dan  
keikhlasannya. Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa  
dibandingkan dengan pengorbanan dan kasih sayang kalian selama  
ini. Terimakasih atas segalanya.*

*Adikku, terimakasih atas dukungan, doa dan keceriaannya selama ini.*

*Sahabat-sahabatku,  
terimakasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya  
selama ini.*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,  
terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa  
ilmu keteknikkimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat  
berguna dan bermanfaat.*

*Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,  
semoga kelak 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 Alpa-Terpineol dari Alpa-Pinene dan Air Dengan Kapasitas 36.000 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 dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah sabar dalam membimbing, serta selalu memberikan arahan positif dan membangun.
2. Bapak Donny Lesmana, S. T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah sabar dalam membimbing, serta memberikan arahan, motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Heri Rustamaji, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan wawasan, kritik, saran, yang sangat membangun demi memastikan pemahaman dalam pengerjaan tugas akhir ini.
5. Ibu Panca Nugrahini, 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.
6. 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.

7. Keluarga tercinta, bapak, ibu, tika yang selalu memberikan nasehat, semangat dan dukungan luar biasa kepada penulis, sehingga perjalanan perkuliahan ini dapat terselesaikan. Terimakasih sudah mau sabar menunggu anak dan kakakmu ini lulus. Tanpa doa dan dukungan dari kalian semua, mungkin penulis tidak akan dapat menyelesaikan tugas akhir dan tanggung jawab lainnya diperkuliahan.
8. Kiwul, selaku Partner TA selama kurang dari 1 tahun ini yang telah sabar dan berbaik hati untuk selalu memahami dan menjalani suka duka bersama.
9. Lapas Buaya (Rimed, Raka, Jajang, Andi, Mail, Irsa, Paklek, Pito, Ajam, Nopal) yang telah mewarnai hari hari selama di jurusan.
10. Grup maen + belajar (Cantika, Zia) yang selalu membersamai penulis selama masa perkuliahan.
11. Teman-teman angkatan 2018 Teknik Kimia yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terimakasih banyak untuk 5,5 tahun ini sudah membantu, membersamai dalam banyak hal selama penulis berada di Teknik Kimia.
12. Semua pihak lainnya yang telah membantu dan mendo'akan kebaikan untuk penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
13. Last but not least, terimakasih penulis sendiri yang telah kuat menghadapi berbagai macam cobaan hidup. Sekali lagi kamu hebat !

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 16 Februari 2024

Penulis,

Rifki Amirul Hakim

## DAFTAR ISI

BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2 Kegunaan Produk .....	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku .....	4
1.4 Analisa Pasar .....	5
1.5 Lokasi dan Tata Letak Pabrik.....	8
BAB II.....	12
DESKRIPSI PROSES.....	12
2.1 Macam – Macam Proses.....	12
2.2 Perbandingan Proses.....	14
2.3 Pemilihan Proses .....	15
BAB III .....	23
SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK.....	23
3.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	23
3.2 Produk .....	29
3.3 Katalis Asam Kloroasetat .....	30
BAB IV .....	32
NERACA MASSA DAN ENERGI.....	32
4.1 Neraca Massa .....	33
4.2 Neraca Energi .....	35
BAB V.....	39
SPESIFIKASI PERALATAN PROSES.....	39
5.1 Peralatan Proses.....	39
5.2 Peralatan Utilitas .....	54
BAB VI .....	83
UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH .....	83

6.1 Unit Penyediaan air .....	83
6.2 Unit Penyediaan Steam .....	93
6.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	93
6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	94
6.5 Unit Penyediaan Udara Tekan .....	94
6.6 Unit Pengolahan Limbah.....	94
6.7 Unit Laboratorium.....	95
6.8 Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	97
BAB VII.....	100
TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK.....	100
7.1 Lokasi Pabrik.....	100
7.2 Tata Letak Pabrik.....	102
7.3 Estimasi Area Pabrik .....	104
BAB VIII.....	108
SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN.....	108
8.1 Bentuk Perusahaan .....	108
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan.....	110
8.3 Tugas Dan Wewenang .....	112
8.4 Status Karyawan Dan Sistem Penggajian.....	118
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	119
8.6 Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan.....	121
8.7 Kesejahteraan Karyawan .....	127
BAB IX .....	130
INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI .....	130
9.1 Investasi.....	130
9.2 Evaluasi Ekonomi.....	135
9.2 Angsuran Pinjaman .....	138
BAB X.....	140
SIMPULAN DAN SARAN .....	140
10.1 Simpulan.....	140

10.2	Saran.....	140
	DAFTAR PUSTAKA.....	141
	LAMPIRAN A	
	LAMPIRAN B	
	LAMPIRAN C	
	LAMPIRAN D	
	LAMPIRAN E	
	LAMPIRAN F	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Konsumen Produk .....	3
Tabel 1. 2 Data Produksi $\alpha$ -Pinene .....	5
Tabel 1. 3 Jumlah Penduduk Indonesia (Sumber: BPS, 2023) .....	7
Tabel 1. 4 Kebutuhan Alpha-Terpineol Tahun 2018 .....	7
Tabel 1. 5 Perbandingan Lokasi Pabrik.....	9
Tabel 2. 1 Harga Bahan Baku dan Produk .....	16
Tabel 2. 2 Harga Bahan Baku dan Produk .....	17
Tabel 2. 3 Perbandingan metode pembuatan $\alpha$ -Terpineol .....	18
Tabel 2. 4 $\Delta H^{\circ}F$ Dari Setiap Komponen Pada Suhu $298,15^{\circ}K$ .....	20
Tabel 2. 5 Harga $\Delta G_f^{\circ}$ masing-masing komponen.....	20
Tabel 3. 1 Komponen Kimia Alpha-Pinene .....	23
Tabel 3. 2 Komposisi Kimia dari Produk.....	29
Tabel 4. 1 Neraca Massa Reaktor (RE-201).....	33
Tabel 4. 2 Neraca Massa Decanter (DC-301) .....	34
Tabel 4. 3 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-401) .....	34
Tabel 4. 4 Neraca Massa Condenser (CD-401).....	34
Tabel 4. 5 Neraca Massa Reboiler (RB-401) .....	35
Tabel 4. 6 Neraca Panas Heater (HE-101) .....	35
Tabel 4. 7 Neraca Panas Heater (HE-102) .....	36
Tabel 4. 8 Neraca Panas Reaktor (RE-201).....	36
Tabel 4. 9 Neraca Panas Cooler (CO-201).....	36
Tabel 4. 10 Neraca Panas Dekanter (DC-301) .....	37
Tabel 4. 11 Neraca Panas Heater (HE-301) .....	37
Tabel 4. 12 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-401) .....	37
Tabel 4. 13 Neraca Panas Cooler (CO-401).....	38
Tabel 4. 14 Neraca Panas Cooler (CO-402).....	38
Tabel 5. 1 Spesifikasi Tangki $C_{10}H_{16}$ (ST-101) .....	39
Tabel 5. 2 Spesifikasi Tangki $CH_2ClCOOH$ (ST-102).....	40



Tabel 5. 3 Spesifikasi Tangki C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O (ST-103) .....	40
Tabel 5. 4 Spesifikasi Reaktor (RE-201) .....	41
Tabel 5. 5 Spesifikasi Decanter (DC-301) .....	42
Tabel 5. 6 Spesifikasi Menara Distilasi (MD-401) .....	42
Tabel 5. 7 Spesifikasi Condenser (CD-401).....	43
Tabel 5. 8 Spesifikasi Reboiler (RB-401) .....	43
Tabel 5. 9 Spesifikasi Accumulator (ACC-401) .....	44
Tabel 5. 10 Spesifikasi Heater (HE-101) .....	44
Tabel 5. 11 Spesifikasi Heater (HE-102).....	45
Tabel 5. 12 Spesifikasi Heater III (HE-301) .....	45
Tabel 5. 13 Spesifikasi Cooler I (CO-201).....	46
Tabel 5. 14 Spesifikasi Cooler II (CO-401) .....	47
Tabel 5. 15 Spesifikasi Cooler III (CO-402).....	47
Tabel 5. 16 Spesifikasi Pompa Proses (PP-101) .....	48
Tabel 5. 17 Spesifikasi Pompa Proses (PP-102) .....	48
Tabel 5. 18 Spesifikasi Pompa Proses (PP-103) .....	49
Tabel 5. 19 Spesifikasi Pompa Proses (PP-104) .....	50
Tabel 5. 20 Spesifikasi Pompa Proses (PP-201) .....	50
Tabel 5. 21 Spesifikasi Pompa Proses (PP-301) .....	51
Tabel 5. 22 Spesifikasi Pompa Proses (PP-302) .....	51
Tabel 5. 23 Spesifikasi Pompa Proses (PP-401) .....	52
Tabel 5. 24 Spesifikasi Pompa Proses (PP-402) .....	52
Tabel 5. 25 Spesifikasi Pompa Proses (PP-403) .....	53
Tabel 5. 26 Spesifikasi Basin Sedimentasi (BS – 401) .....	54
Tabel 5. 27 Storage Tank Tawas (ST-401) .....	54
Tabel 5. 29 Storage Tank Water Filter (ST-405) .....	55
Tabel 5. 30 Storage Tank Kaporit (ST-404) .....	55
Tabel 5. 31 Storage Tank Water Filter (ST-405) .....	56
Tabel 5. 32 Storage Tank Dispersant (ST-406) .....	56
Tabel 5. 33 Storage Tank Inhibitor (ST-407) .....	57

Tabel 5. 34 Storage Tank H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ST-408).....	58
Tabel 5. 35 Storage Tank NaOH (ST-409).....	58
Tabel 5. 36 Storage Tank Demin Water (ST-410) .....	59
Tabel 5. 37 Storage Tank Hidrant Water (ST-411).....	60
Tabel 5. 38 Spesifikasi Clarifier (CL-401).....	60
Tabel 5. 39 Spesifikasi Sand Filter (SF-401).....	61
Tabel 5. 40 Spesifikasi Hot Basin (HB – 401).....	61
Tabel 5. 41 Spesifikasi Cooling Tower (CT-401).....	62
Tabel 5. 42 Spesifikasi Cold Basin (CB-401).....	62
Tabel 5. 43 Spesifikasi Cation Exchanger (CE-401).....	63
Tabel 5. 44 Spesifikasi Anion Exchanger (AE-401) .....	63
Tabel 5. 45 Spesifikasi Storage Tank Hidrazine (ST-501) .....	64
Tabel 5. 46 Spesifikasi Deaerator (DA-501).....	65
Tabel 5. 47 Spesifikasi Boiler (BO-501).....	65
Tabel 5. 48 Spesifikasi Storage Tank Bahan Bakar (ST-503) .....	66
Tabel 5. 49 Spesifikasi Cyclone (CY-601).....	66
Tabel 5. 50 Spesifikasi Air Dryer (AD-601) .....	67
Tabel 5. 51 Spesifikasi Air Compressor (AC-601) .....	67
Tabel 5. 52 Spesifikasi Blower Udara (BU-601) .....	68
Tabel 5. 53 Spesifikasi Blower Udara 2 (BU-602) .....	68
Tabel 5. 54 Spesifikasi Blower Udara 3 (BU-601) .....	68
Tabel 5. 56 Spesifikasi Generator (GS-701) .....	68
Tabel 5. 57 Spesifikasi Pompa (PU – 401) .....	69
Tabel 5. 58 Spesifikasi Pompa (PU – 402) .....	69
Tabel 5. 59 Spesifikasi Pompa (PU – 403) .....	70
Tabel 5. 60 Spesifikasi Pompa (PU – 404) .....	70
Tabel 5. 61 Spesifikasi Pompa (PU – 405) .....	71
Tabel 5. 62 Spesifikasi Pompa (PU – 406) .....	71
Tabel 5. 63 Spesifikasi Pompa (PU – 407) .....	72
Tabel 5. 64 Spesifikasi Pompa (PU – 408) .....	72

Tabel 5. 65 Spesifikasi Pompa (PU – 409) .....	73
Tabel 5. 66 Spesifikasi Pompa (PU – 410) .....	74
Tabel 5. 67 Spesifikasi Pompa (PU – 411).....	74
Tabel 5. 68 Spesifikasi Pompa (PU – 412) .....	75
Tabel 5. 69 Spesifikasi Pompa (PU – 413) .....	75
Tabel 5. 70 Spesifikasi Pompa (PU – 414) .....	76
Tabel 5. 71 Spesifikasi Pompa (PU – 415) .....	76
Tabel 5. 72 Spesifikasi Pompa (PU – 416) .....	77
Tabel 5. 73 Spesifikasi Pompa (PU – 417) .....	77
Tabel 5. 74 Spesifikasi Pompa (PU – 418) .....	78
Tabel 5. 75 Spesifikasi Pompa (PU – 419) .....	78
Tabel 5. 76 Spesifikasi Pompa (PU – 420) .....	79
Tabel 5. 77 Spesifikasi Pompa (PU – 501) .....	79
Tabel 5. 78 Spesifikasi Pompa (PU – 502) .....	80
Tabel 5. 79 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503) .....	80
Tabel 5. 80 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-502) .....	81
Tabel 5. 81 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503) .....	81
Tabel 5. 82 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-801) .....	82

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Pabrik Alpha-Terpineol .....	9
Gambar 2. 1 Reaksi Hidrasi Alpha Pinene menjadi Alpha Terpeneol .....	13
Gambar 6. 1 Diagram Cooling Water System .....	87
Gambar 7. 1 Peta Lokasi Pabrik (Google Maps, 2023) .....	105
Gambar 7. 2 Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung .....	106
Gambar 7. 3 Tata Letak Peralatan Proses.....	107
Gambar 7. 4 Struktur Organisasi Perusahaan .....	111
Gambar 9. 1 Grafik Analisa Ekonomi.....	137
Gambar 9. 2 Kurva Commulative Cash Flow.....	138

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Pengembangan industri adalah proses berkelanjutan sebagai salah satu bagian dalam berupaya mencapai ketahanan nasional, menciptakan struktur ekonomi yang lebih kokoh dan seimbang yaitu struktur ekonomi dengan titik berat industri maju yang didukung oleh pertanian yang tangguh. Dengan berkembangnya arus globalisasi dunia yang ditandai dengan titik berat industri maju yang di dukung oleh pertanian yang tangguh. Berkembangnya arus globalisasi dunia yang ditandai dengan lahirnya AFTA serta ISO lingkungan. Hal ini menuntut setiap komponen bangsa dengan segala sumber daya yang dimiliki untuk memanfaatkan momentum globalisasi dengan melakukan terobosan – terobosan baru. Khususnya dibidang pengembangan industri kimia sehingga produk yang dihasilkan mempunyai pangsa pasar, daya saing, efektif dan efisien serta ramah lingkungan.

Salah satu hasil hutan non kayu dalam sektor perkebunan adalah getah pinus yang dihasilkan dari tegakan pinus. Getah pinus yang telah disadap kemudian diolah dan menghasillkan gondorukem dan terpentin. Lalu terpentin diolah menghasilkan a-pinene. Gondorukem digunakan sebagai bahan baku yang penting bagi industri – industri batik, kulit, cat, isolator, kertas, dan vernis. Sedangkan  $\alpha$  – pinene digunakan untuk pewangi sabun, aromaterapi, desinfektan, pengusir serangga, dan detergen. Baik godorukem maupun a-pinene diekspor ke China, India dan beberapa negara di Eropa. Kemudian bahan tersebut diolah menjadi senyawa turunannya dan Indonesia mengimpornya kembali untuk menyuplai kebutuhan dalam negeri.

Salah satu senyawa turunan alpha-pinene yang di impor Indonesia dalam jumlah yang cukup besar adalah alpha-terpineol. Alpha-Terpineol adalah suatu produk yang digunakan secara luas pada industri detergen sebagai pewangi, kosmetik sebagai parfum, aerosol, dalam industri farmasi sebagai anti jamur, dan anti serangga, desinfektan dan industri cat sebagai zat terbang. Oleh karena itu, dalam upaya memenuhi kebutuhan alpha-terpineol dalam negeri dan mengurangi ketergantungan terhadap impor dari luar negeri maka salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mendirikan pabrik alpha-terpineol. Pendirian pabrik alpha-terpineol mempunyai prospek yang cukup baik dan akan memberikan beberapa keuntungan, antara lain :

1. Memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi ketergantungan dari negara lain
2. Mengurangi pengeluaran negara
3. Menunjang program kerja pemerintah dengan menciptakan lapangan kerja baru
4. Menggerakkan pertumbuhan industri lain di Indonesia
5. Meningkatkan devisa negara dan ikut berperan dalam pemerataan hasil Pembangunan

## **1.2 Kegunaan Produk**

Alpha-Terpineol 2-(4-metil -3-sikloheksil) -2-propanol adalah senyawa alkohol yang merupakan salah satu dari golongan senyawa monoterpene yang banyak dijumpai dalam bunga lavender. Alpha-Terpineol memiliki bau yang harum (bau lavender) dan pada umumnya digunakan sebagai bahan pewangi pada detergen, aerosol dan pembuatan parfum. Alpha-Terpineol juga terdapat pada komposisi desinfektan dan selain itu digunakan sebagai bahan kosmetik, pewangi.

Tabel 1. 1 Konsumen Produk

No.	Dalam Pembuatan	Nama Pabrik
1	Sabun	PT. Unilever Tbk PT Cusson PT. Teguhindo lestaritama PT. Air Mas UD PT. Eastern Union PT. Jaya Baya Raya PT. Sabun Agung PT. Wings Surya PT. Tempo Nagadi PT. Sayap Mas Utama PT. Shanghai Maspion Holco Chem PT. Sinar Ancol PT. Kao Indonesia PT. Filma Soap PT. Musim Mas PT. Bukit Perak CV. Sinar Laut PT. Budi Aneka Gemerlang PT. Jhonson and son PT. Mikie oleo nabati industri PT. Cahaya Subur Prima PT. CAKRA DAYA MAKMUR PT. Cikarang Primatex PT. Dinaco Grasia PT. Motto Beringin Abadi
2	Aromaterapi	PT. Perhutani PT. Eagle nusantara

3	Kosmetik	PT. Unilever Tbk PT. Kelly International Cosmetic PT. Kimia Farma PT. Sekar Ayu Sentosa PT. Fita Pharm PT. Kosmetik Global Indonesia PT Amerta kosmetik PT. Bina Karya prima PT. Derma kosmetik PT. Nectars natura PT. Prapta cipta pesona PT. Trijata kosmetikindo utama PT. Wahana Kosmetika PT. Akhsani Teguh Mandiri PT. Alamanda Global PT. Athena royal kosmetika
4	Pengusir serangga	PT. SC Jhonson PT. Megasari Makmur

(Sumber: Perhutani, 2023)

### 1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan alpha-terpineol yang akan diproduksi adalah alpha-pinene dan air (H<sub>2</sub>O) dengan menggunakan katalis asam kloroasetat. Adapun bahan baku yang dibutuhkan berasal dari dalam dan luar negeri, berikut perolehan bahan baku yang dibutuhkan :

#### 1. Alpha-Pinene

Bahan baku a-pinene yang dipakai untuk proses produksi yaitu berwujud cair dengan kemurnian 95 % alpha-pinene dan 5 % beta-pinene. Alpha-Pinene didapatkan dari PT. Perhutani yang berlokasi di Pemalang. Berikut merupakan kapasitas produksi dalam negeri yang di produksi oleh Perhutani.



Tabel 1. 2 Data Produksi a-Pinene

<b>Tahun</b>	<b>Kapasitas (Ton)</b>
2018	49993,4
2019	50545,8
2020	51086,9
2021	51173
2022	51506,6

(Sumber: Perhutani, 2023)

Selain didapatkan dari PT. Perhutani, a-pinene di impor dari PT. Shandong Chemichase Chemical Co. Ltd yang berlokasi di Cina dan PT. Arora Aromatics Pvt. Ltd yang berlokasi di India

## 2. Asam kloroasetat

Katalis di import dari PT. Shandong Chemichase Chemical Co. Ltd yang berlokasi China dan Jay Dinesh Chem yang berlokasi di India dalam wujud cair dengan kemurnian 99%.

Dengan mengadakan kontrak kerja sama dengan kedua pabrik tersebut maka diharapkan kebutuhan a-pinene dan asam kloroasetat sebagai bahan baku pembuatan alpha-terpineol dapat terpenuhi.

### 1.4 Analisa Pasar

Analisa pasar suatu produk penting dilakukan, ini bertujuan agar dapat mengetahui seberapa besar minat terhadap suatu produk. Melakukan Analisa pasar dibutuhkan data yang mendukung, Adapun data yang diperlukan yaitu data impor alpha-terpineol di Indonesia. Data impor yang didapat akan digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan kapasitas pabrik alpha-terpineol di Indonesia. Hal ini dikarenakan dari data impor maka akan diketahui berapa kebutuhan dalam negeri, sehingga setelah dibangun pabrik maka kebutuhan terhadap alpha-terpineol dalam negeri dapat terpenuhi. Produsen yang membutuhkan bahan baku a-terpineol membutuhkan dalam

### 1.4.1 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik ditentukan dengan menggunakan data impor, produksi dalam negeri, konsumsi dalam negeri alpha-terpineol. Penentuan kapasitas dilakukan dengan memperkirakan kebutuhan alpha-terpineol pada tahun 2028 dengan cara membandingkan terhadap jumlah penduduk di Indonesia pada tahun 2028. Perkiraan konsumsi masyarakat dalam menggunakan produk ini adalah sabun, disinfektan, aromaterapi, detergen dan kosmetik, ini akan diestimasi penggunaannya setiap lima hari sekali. Berikut uraian estimasi penggunaan alpha-terpineol berdasarkan produk yang digunakan :

#### a. Sabun

Sabun batang memiliki massa sebesar 75 gram, yang mana sabun batang tersebut mengandung jeruk nipis 4 mL (Apriyani, 2013). Alpha-Terpineol yang terkandung didalam minyak atsiri tersebut sebesar 8,29% (Wahyudi, 2017). Adapun densitas alpha-terpineol adalah 0,935 g/mL.

Berdasarkan kandungan diatas, kebutuhan alpha-terpineol suatu produk sabun sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kandungan Alpha-Terpineol} &= 4 \text{ mL} \cdot 8,29\% \cdot 0,935 \text{ m/ml} \\ &= 0,319 \text{ gram}\end{aligned}$$

#### b. Disinfektan

Kandungan minyak atsiri didalam 1 liter disinfektan membutuhkan 50 gram daun sirih. Daun sirih mempunyai kandungan atsiri sebesar 81,16 % yang mana mempunyai kandungan alpha-terpineol sebesar 2,87 %. Minyak atsiri diekstrak sempurna menggunakan air sebanyak 100 mL dan air ekstrak digunakan 30 mL (Mutmainah, 2021).

Maka dari itu alpha-terpineol yang dibutuhkan pada suatu produk disinfektan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kandungan alpha-terpineol} &= \frac{30 \text{ ml} \cdot 50 \text{ g}}{100 \text{ ml}} \times 81,16 \% \times 2,87 \% \\ &= 0,349 \text{ gram}\end{aligned}$$

#### c. Aromaterapi

Minyak aromaterapi suatu produk dengan isi 250 mL mengandung 4 % kandungan *eucalyptus oil*. Minyak atsiri *eucalyptus oil* mengandung 8,96 %. Adapun densitas alpha-terpineol adalah 0,935 g/mL (Sembiring, 2019).

Maka dari itu kandungan alpha-terpineol yang dibutuhkan pada suatu produk aromaterapi sebagai berikut.

$$\text{Kandungan alpha-terpineol} = 250 \text{ mL} \times 4 \% \times 8,96 \% = 0,838 \text{ gram}$$

Tabel 1. 3 Jumlah Penduduk Indonesia (Sumber: BPS, 2023)

Tahun	Jumlah Penduduk Jiwa di Indonesia (Juta Jiwa)
2018	267671
2019	270626
2020	273523
2021	276362
2022	275770

Tabel 1. 4 Kebutuhan Alpha-Terpineol Tahun 2018

Jenis Industri	Kandungan Alpha-terpineol (g)	Kebutuh-an	Jumlah Masyarakat 2018	Waktu	Jumlah kebutuhan (ton/tahun)
Sabun	0,39	1	291890000	73	6797,24
Disinfektan	0,349	1	291890000	73	7436,48
Aromaterapi	0,838	1	291890000	73	17856,08
Detergen	0,562	1	291890000	73	11975,07914
Kosmetik	0,332	1	291890000	73	7074,24604
Pengusir	0,672	1	291890000	73	14318,95
Serangga					
<b>Total</b>					65458,08

Populasi penduduk di Indonesia tahun 2028 dapat diprediksi dengan persamaan eksponensial sebagai berikut :

$$Y = Y^0 e^{kt}$$

Keterangan :

Y : Jumlah Penduduk pada tahun ke i

$Y^0$  : Jumlah penduduk pada tahun ke 0

k : Konstanta

t : Waktu (tahun)

Jumlah penduduk pada tahun 2028 adalah :

$$Y(2028) = Y(2018) e^{kt}$$

$$Y(2028) = 291,890 \text{ juta jiwa}$$

Maka kebutuhan Alpha terpineol di Indonesia pada tahun 2028 yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Alpha-terpineol} &= Y(2028) / Y(2018) \times 65.458,08 \text{ ton/tahun} \\ &= 71.380 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas diperkirakan bahwa kebutuhan a-terpineol sebesar 71.380 ton/tahun.

#### **1.4.2 Kapasitas Produksi**

Pabrik a-terpineol di Indonesia hanya ada satu yaitu berlokasi di Jawa Timur dengan kapasitas 3000 ton/tahun. Berdasarkan Undang Undan RI Nomor 5 Bab III pasal 4 ayat 2 menyatakan pelaku atau kelompok usaha tidak boleh menguasai lebih dari 50 % pangsa pasar. Apabila kebutuhan a-terpineol sebesar 71.000 ton/tahun, maka kapasitas produksi yang ditetapkan adalah sebesar 36.000 ton/tahun. Jumlah tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan a-terpineol di dalam negeri.

#### **1.5 Lokasi dan Tata Letak Pabrik**

Pemilihan lokasi suatu pabrik akan mempengaruhi keberlangsungan produksi serta keberhasilan pabrik. Lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan akan menentukan harga jual produk yang akan mendatangkan keuntungan jangka panjang. Jika pabrik secara konsisten menguntungkan, maka dapat memperluas pabrik untuk meningkatkan kapasitas produksi. Rencana pembangunan pabrik Alpha-Terpineol akan didirikan di Pemalang, Jawa Tengah.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi *Pabrik Alpha-Terpineol*

Tabel 1. 5 Perbandingan Lokasi Pabrik

<b>Tinjauan</b>	<b>Penggarit, Kec. Taman, Kab. Pemalang, Jawa Tengah</b>	<b>Kabunan, Kec. Taman, Kab. Pemalang, Jawa Tengah</b>
Titik koordinat	-6.820877, 109.493245	-6.875053, 109.409802
Pelabuhan terdekat	Tanjung Emas	Tanjung Emas
Jarak kepelabuhan	110 km ***	129 km **
Pabrik bahan baku	PPCI, pemalang	PPCI, pemalang
Jarak bahan baku	9 km **	7,2 km ***
Sumber air	Sungai Waluh	Sungai Comal
Debit sungai minimal	35,325 m <sup>3</sup> /detik ***	552,224 m <sup>3</sup> /detik**
Jarak dari sumber air	1,1 km *	430 m ***
Jarak kepemukiman	1,08 km **	1,86 m ***

Keterangan :

\* = Cukup

\*\* = Baik

\*\*\* = Sangat baik

Pemilihan lokasi ini ditujukan untuk mencapai keuntungan dari segi teknis maupun ekonomis. Adapun faktor pemilihan lokasi pabrik meliputi :

1. Bahan baku

Bahan baku yang tersedia relatif mudah karena jarak antara pabrik bahan baku dengan lokasi hanya 7,2 km. Bahan baku yang perlu dipertimbangkan yaitu jarak lokasi bahan baku dengan pabrik, kapasitas bahan baku tersedia dari sumber, penanganan dari bahan baku dan berkemungkinan mendapatkan bahan baku dari sumber yang lain.

2. Pemasaran

Alpha-Terpineol akan dipasarkan pada beberapa pulau yaitu, pulau Jawa, Sumatera, Sulawesi dan Kalimantan. Dimana sarana transportasi tersedia cukup lengkap dan memasarkan produk ke pasar internasional (ekspor) mengingat persaingan dunia industri yang semakin bebas. Hal – hal yang perlu diperhatikan yaitu :

- Daerah pemasaran produk
- Pesaing – pesaing yang ada serta pengaruhnya
- Kemampuan dari daya serap pasar
- Jarak pemasaran dari lokasi pabrik
- Serta pemasaran yang di gunakan

3. Utilitas

Utilitas pada suatu pabrik sangat lah penting. Utilitas merupakan sarana kelancaran dalam proses produksi. Unit utilitas dibagi menjadi air, listrik dan bahan bakar. Air merupakan salah satu kebutuhan terpenting bagi suatu industri. Dimana air tersebut digunakan untuk kebutuhan proses, media pendinginan, air sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Di Pemalang, air dapat diperoleh dengan mudah karena lokasi pabrik dekat dengan Sungai Comal, yang memiliki panjang 1,3 km. Air yang berasal dari sungai akan di olah terlebih dahulu sebelum digunakan untuk keperluan pabrik. Sedangkan kebutuhan listrik dan bahan bakar yang akan digunakan untuk operasi pabrik bersumber dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Selain sumber tenaga

listrik dari PLN, disediakan tenaga listrik darurat dari generator diesel yang bahan bakarnya di peroleh dari Pertamina.

#### 4. Tenaga kerja

Untuk mendirikan suatu pabrik, modal utama yang diperlukan adalah tenaga kerja. Dengan memperoleh tenaga kerja yang mudah serta memiliki kualitas tertentu tanpa harus membeli secara lokal. Sementara itu, pekerja dari atau pencari kerja akan diambil alih.

#### 5. Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam rencana pembangunan pabrik adalah daerah yang telah tersedia seperti fasilitas Pelabuhan dan transportasi darat, sehingga pembelian bahan baku dan pendistribusian produk dapat dilakukan melalui jalur darat atau laut.

#### 6. Kondisi Iklim dan Cuaca

Kondisi cuaca dan iklim di sekitar pabrik relatif stabil, tidak terjadi bencana alam besar, dan pabrik beroperasi dengan lancar.

#### 7. Pemasaran

Produk Alpha-Terpineol yang di hasilkan dapat di pasarkan ke seluruh Indonesia. Alpha-Terpineol di gunakan sebagai bahan kimia pewangi pada detergen, sabun, desinfektan, cat, dan lain nya. Lokasi strategis untuk penjualan dan pemasaran produk ini yaitu pada pulau Sumatera, Jawa dan Kalimantan.

#### 8. Iklim dan cuaca

Seperti daerah lain di Indonesia, maka iklim sekitar lokasi pabrik relatif stabil dengan suhu udara beragam antara 24-34 C

#### 9. Keadaan Masyarakat

Lokasi pabrik ini terletak di Pematang, banyak nya masyarakat yang harus mencari pekerjaan selain sebagai petani dan nelayan dengan jarak tempuh yang lumayan singkat memudahkan mereka menuju lokasi. Dengan kehadiran pabrik ini akan membantu tersedia nya lapangan kerja bagi masyarakat sekitar.

## **BAB II**

### **DESKRIPSI PROSES**

#### **2.1 Macam – Macam Proses**

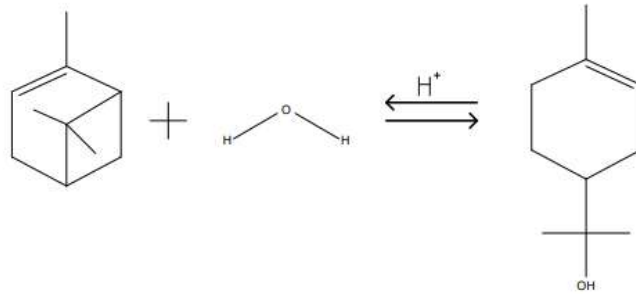
##### **2.1.1. Hidrasi langsung $\alpha$ – pinene dengan menggunakan katalis *Cloroasetik acid*.**

Asam kloroasetat (*Chloroacetic acid*) dapat digunakan sebagai katalis yang baik untuk produksi alpha-terpineol dari hidrasi alpha-pinene (Aguirre, 2005). Hasil yang diperoleh dengan katalis ini yaitu tidak adanya senyawa terklorinasi dan untuk pemisahan yang mudah dan pemurnian katalis ini dari media reaksi jika dibandingkan dengan asam sulfat (asam kloroasetat menjadi tidak larut dalam air dan pinene pada 5-7 °C, dan mengendap sebagai kristal). Setelah reaksi selama 4 jam pada temperature 70°C menghasilkan konversi 99% besar dengan selektivitas 70% (Aguirre,2005).

Sedangkan menurut (Utami dkk., 2011) proses reaksi hidrasi Alpha-pinene menjadi Alpha-terpineol pada suhu 80 °C, konsentrasi katalisator asam kloroasetat 6 M, perbandingan mol katalisator asam kloro asetat dan air terhadap a-pinene 2,4 : 1, dengan kecepatan pengadukan 546 rpm dan waktu reaksi selama 240 menit atau 4 jam, didapatkan konversi hidrasi Alpha-pinene sebesar 54,13 dengan selektivitas 99,5 %. Reaksi ini melibatkan transfer massa antara kedua fasa cairan yang tidak saling campur antara  $\alpha$  – pinene dan air yang dilengkapi dengan asam terlarut sebagai katalisnya (Utami dkk, 2011).

Reaksi pembentukan Alpha-terpineol dari Alpha-pinene :





Gambar 2. 1 Reaksi Hidrasi Alpha Pinene menjadi Alpha Terpeneol

### 2.1.2. Reaksi $\alpha$ – pinene dengan katalis asam sulfat

Proses ini terdiri dari dua tahap reaksi antara lain :

1.  $\alpha$  – pinene dengan asam sulfat untuk membentuk produk antara *terpin hydrate*

Proses pembentukan produk antara berjalan pada suhu 25 – 35 °C dengan perbandingan optimum mol alpha-pinene dan asam sulfat yaitu 1 : 2 menggunakan asam sulfat 30 %.

2. Dehidrasi *terpin hydrate* menjadi  $\alpha$  – pinene

Pada tahap satu, mengkonversi  $\alpha$  – pinene dengan bantuan katalis asam sulfat pada yang temperature dan waktu cukup untuk membentuk *slurry terpin hydrate* dalam cairan asam sulfat,  $\alpha$  – pinene sisa. Pada tahap ini juga diikuti dengan pemisahan asam sulfat dan pemurnian *terpin hydrate* dari berbagai pengotor dengan berbagai cara. Umumnya dengan netralisasi, steam distilasi atau dengan sentrifuse dan dilanjutkan dengan pencucian menggunakan media air secara berulang. Pemurnian *terpin hydrate* tersebut sangat penting dilakukan untuk memperoleh hasil yang baik pada tahap kedua yaitu dehidrasi parsial *terpin hydrate* menjadi  $\alpha$  – pinene.

Pada tahap dehidrasi tersebut dilakukan reaksi dengan larutan asam berkonsentrasi rendah, baik asam organic maupun anorganik seperti asam sulfat, asam pospat dan asam oksalat. Kemudian dilanjutkan dengan penghilangan satu mol air yang terikat

dan *hydroksil* radikal serta atom *hydrogen* dari *terpin hydrate* untuk membentuk  $\alpha$  – *pinene*.

Pada tahap dehidrasi dibutuhkan sejumlah asam, namun jika langkah pemurnian *intermediet* tidak dilakukan dengan benar dan jumlah asam tidak diketahui dengan pasti, proses dehidrasi akan mengarah ke produk lain seperti *dipentene* dan menurunkan *yield terpineol*. Dengan demikian, kontrol jumlah asam kritis pada tahap dehidrasi tersebut menjadi masalah operasional yang sulit, sehingga membutuhkan latihan tingkat tinggi keterampilan dan perawatan agar tidak kritis keasaman dapat dikontrol untuk menghindari over-dehidrasi.

Sampai saat ini usaha menghilangkan asam sulfat dari *terpin hydrate* mentah dengan metode pencucian dinilai kurang berhasil karena terbentuknya aglomerasi asam sulfat dan berimplikasi pada sistem pemisahan dan pemurnian yang melibatkan steam distilasi dan netralisasi. Metode ini dinilai sangat komplis. Membutuhkan waktu yang lama, prosesnya mahal, dan didalam kasus sentrifus memerlukan pemindahan produk dari tempat reaksi.

## 2.2 Perbandingan Proses

### 2.2.1. Hidrasi langsung $\alpha$ – *pinene* dengan menggunakan katalis *chloroacetic acid*

*Chloroacetic acid* merupakan katalis asam terbaik dibanding dengan katalis asam lainnya (Aguirre dkk., 2005). Proses ini dilangsungkan pada temperature 80°C menghasilkan konversi 54,13 %. Entalpi reaksi pembentukan standar yaitu – 26,2 kJ/mol (eksotermis). Jenis reaksi yang digunakan dalam proses ini adalah reaksi *homogen*, karena melibatkan transfermassa molekul air dari fasa air menuju lapisan *pinene oil*

### 2.2.2. Reaksi $\alpha$ – *pinene* dengan katalis asam sulfat

Proses *hydrasi*  $\alpha$  – *pinene* menjadi produk antara berlangsung pada temperature 25-30°C dengan kondisi optimum pada perbandingan mol  $\alpha$  – *pinene* dan asam sulfat

1-2 dengan konsentrasi asam sulfat 30%. Proses ini terdiri dari tahap reaksi pembentukan produk antara *terpin hydrate*, pemurnian produk antara *terpin hydrate* dan dehidrasi *terpin hydrate* menjadi  $\alpha$  – *terpineol*. Pemurnian produk antara dari sisa reaktan dan katalis (asam sulfat) harus dilakukan untuk memperoleh yield yang tinggi. Karena terbentuknya aglomerasi asam sulfat di dalam *crude terpin hydrate* menyebabkan sulitnya pemurnian sehingga proses ini tidak lagi menjadi pilihan (Herrlinger et al, 1958).

### 2.3 Pemilihan Proses

Dalam pemilihan proses yang akan digunakan, maka harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti faktor ekonomis yang meliputi biaya bahan baku dan harga produksi serta harga jual produk dan juga kelayakan teknis yang meliputi suhu operasi, energi bebas gibbsm dan panas pembentukan standar.

Energi bebas Gibbs ( $G^0$ ) merupakan cara untuk menentukan apakah reaksi tersebut berjalan spontan, tidak spontan atau berada dalam keadaan setimbang, apabila nilai  $G^0$  adalah positif maka reaksi tersebut berjalan tidak spontan, apabila nilai  $G^0$  adalah negative maka reaksi tersebut berjalan spontan, sedangkan apabila nilai  $G^0$  adalah nol maka reaksi tersebut berada dalam keadaan setimbang.

Panas pembentukan standar ( $H^0$ ) merupakan besarnya panas reaksi yang mampu dihasilkan atau di butuhkan untuk berlangsungnya suatu reaksi kimia.  $H^0_f$  bernilai positif menunjukkan reaksi tersebut membutuhkan panas untuk melangsungkan reaksi kimia (endotermis). Sedangkan, untuk ( $H^0_f$ ) yang bernilai negative menunjukkan reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi (eksotermis).

#### 2.3.1. Berdasarkan kelayakan teknis dan ekonomi

##### a. Hidrasi langsung $\alpha$ – *pinene* dengan menggunakan katalis *Chloroacetic acid*

##### 1. Perhitungan Ekonomi

Pada proses ini  $\alpha$  – *pinene* direaksikan pada reaktor berpengaduk dengan perbandingan mol terhadap air = 1 : 2,4 dengan konsentrasi katalis 6 mol/liter

dan konversi 54,13 % serta selektivitas 99,5 %. Dari reaktor alpha-terpineol dipisahkan dari sisa reaktan, inert dan impuritis yang tidak diinginkan dengan menggunakan *packed* kolom separator. Dengan metode ini peralatan utama yang dibutuhkan antara lain : Reaktor, Decanter dan Distilasi.

Estimasi kasar biaya produksi dan keuntungan produksi adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Harga Bahan Baku dan Produk

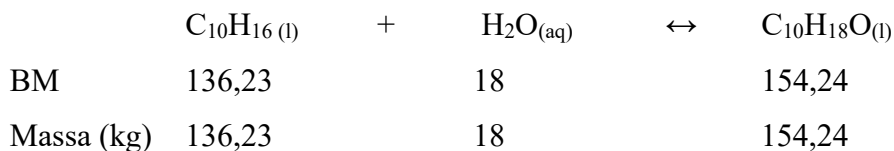
Komponen	Harga (USD/kg)	Harga (Rp/Kg)
$\alpha$ – pinene	\$1,98	31.363
Asam Kloroasetat	\$1,09	16.939
Alpha – Terpineol	\$6,00	93.034

(sumber:Alibaba.com)

\*Kurs 1 USD = Rp.15.840,-

Konversi = 54,13 %

Maka,



$$\begin{aligned} \text{Biaya } C_{10}H_{16}(l) \text{ per kmol bahan baku} &= \frac{Rp.31.363/kg}{0,955} \times 136,23 \text{ kg} \\ &= Rp. 4.497.482,- \end{aligned}$$

Keuntungan Produk  $C_{10}H_{18}O(l)$  per kmol bahan baku

$$\begin{aligned} &= \frac{Rp.93.034 - /kg}{0,96} \times 154,4 \times 0,955 \\ &= Rp. 12.370.923,- \end{aligned}$$

Keuntungan per kmol bahan baku

$$= \text{Rp. } 12.370.923 - \text{Rp. } 4.497.482$$

$$= \text{Rp. } 7.873.440,-$$

Keuntungan per kg

$$= \frac{\text{Rp. } 7.873.440}{154.24}$$

$$= \text{Rp. } 51.046,-$$

### b. Reaksi $\alpha$ – *pinene* dengan katalis asam sulfat

Proses *hidrasi alpha-pinene* menjadi bentuk produk antara (*terpin hydrate*) berlangsung pada temperature 25-35°C dan tekanan 1 atm dengan kondisi optimum pada perbandingan mol *alpha-pinene* dan asam sulfat 1 : 2 dengan konsentrasi asam sulfat 30% (b/b) dan yield 58%. Estimasi kasar biaya produksi dan keuntungan produksi adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (USD/kg)	Harga (Rp/Kg)
$\alpha$ – pinene	\$1,98	31.363
Asam Sulfat	\$0,75	11.641
Alpha – Terpeneol	\$6,00	93.034

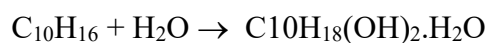
(sumber:Alibaba.com)

\*Kurs 1 USD = Rp.15.840,-

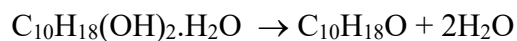
Konversi = 80%

Reaksi :

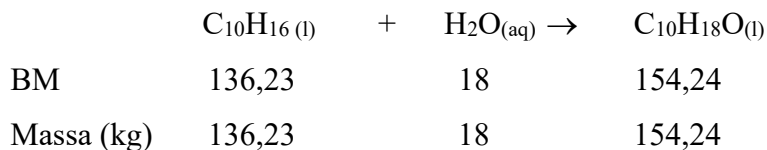
Tahap Hidrasi:



Tahap Dehidrasi



Reaksi keseluruhan



Harga :

Biaya  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}(\text{l})$  per kmol bahan baku

$$= \frac{\text{Rp.31.363}}{0,8} \times 136,2 \text{ kg}$$

$$= \text{Rp. 4.497.482,-}$$

Keuntungan Produk  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_{(\text{l})}$  perk mol bahan baku

$$= \frac{\text{Rp. 93.034,-/kg}}{0,96} \times 154,4 \times 0,58$$

$$= \text{Rp. 7.513.231,-}$$

Keuntungan per kmol bahan baku

$$= \text{Rp.7.513.231} - 4.497.482$$

$$= \text{Rp. 3.015.748,-}$$

Keuntungan per kg

$$= \frac{\text{Rp. 3.015.748}}{154,4}$$

$$= \text{Rp. 19.000}$$

Tabel 2. 3 Perbandingan metode pembuatan  $\alpha$ -Terpineol

Kriteria	Metode 1	Metode 2
Bahan Baku	Alpha-pinene	Alpha-pinene
Bahan Pengotor	Beta-pinene	Beta-pinene
Reaksi	$\text{C}_{10}\text{H}_{16} + \text{H}_2\text{O}$	Tahap Hidrasi :

	$\leftrightarrow C_{10}H_{18}O$ (fase cair)	$C_{10}H_{18}O(OH)_2 \cdot H_2O \rightarrow$ $C_{10}H_{18}(OH)_2 \cdot H_2O$ Tahap Dehidrasi : $C_{10}H_{18}O(OH)_2 \cdot H_2O \rightarrow$ $C_{10}H_{18}O + 2H_2O$
Kondisi operasi	80°C 1 atm	70°C 1 atm
Konversi	54,13 %	70 %
Selektivitas	99,5 %	18,9%
Tahapan Reaksi	Hidrasi	Hidrasi dan dehidrasi
Katalisator	<i>Chloroacetic acid</i>	Asam Sulfat
Produk samping	<i>b-terpineol</i>	<i>Monocyclic terpen</i> <i>Secondary alcohol</i>
Keuntungan	Rp. 51.046 /kg	Rp. 19.000 /kg

Berdasarkan uraian dan tabel diatas dipilih proses 1, dengan pertimbangan :

1. Memberikan keuntungan lebih tinggi dibandingkan proses 2
2. Reaksi satu tahap, sehingga membutuhkan 1 unit reaktor dan tidak memerlukan pemurnian produk antara seperti proses 2.

### 2.3.2 Tinjauan Termodinamika

#### 1. Enthalpi Reaksi

Reaksi yang terjadi selama proses yaitu :



Adapun nilai ( $\Delta H^{\circ}_r$  298K) dari beberapa komponen penyusunnya pada kondisi suhu 298,15 K dapat dilihat ditabel berikut :

Tabel 2. 4  $\Delta H^{\circ}_f$  Dari Setiap Komponen Pada Suhu 298,15<sup>0</sup>K

Komponen	$\Delta H^{\circ}_f$ (kJ/kmol)
C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	-280,5
H <sub>2</sub> O	-285,83
C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	31,5

Sumber : Yaws, 1999

$$(\Delta H^{\circ}_r \text{ 298K}) = \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_{o f} = (\Delta H^{\circ}_f(\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}) - (\Delta H^{\circ}_f(\text{C}_{10}\text{H}_{16}) + \Delta H^{\circ}_f(\text{H}_2\text{O}))$$

$$\Delta H_{o f} = -26,2 \text{ kJ/kmol}$$

Berdasarkan perhitungan data entalpi didapatkan harga entalphy bernilai negatif maka reaksi yang dihasilkan yaitu reaksi eksotermis.

## 2. Energi Bebas Gibbs

Berikut ini merupakan harga  $\Delta G_f^{\circ}$  masing masing komponen pada suhu 298K tertera pada tabel dibawah

Tabel 2. 5 Harga  $\Delta G_f^{\circ}$  masing-masing komponen

Komponen	$\Delta G_f^{\circ}$ (kJ/kmol)
C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	-55,88
H <sub>2</sub> O	-228,8
C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	149,85

Sumber : Yaws, 1999

$$\Delta G_f^{\circ} \text{ 298} = \Delta G_f^{\circ} \text{ Produk} - \Delta G_f^{\circ} \text{ Reaktan}$$

$$\Delta G_f^{\circ} = (\Delta G_f^{\circ} (\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}) - (\Delta G_f^{\circ} (\text{C}_{10}\text{H}_{16}) + \Delta G_f^{\circ} (\text{H}_2\text{O}))$$

$$\Delta G_f^{\circ} = (-55.880) - ((149.850) + (-228,8))$$

$$\Delta G_f^{\circ} = -205,456 \text{ kJ/kmol}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, terbukti bahwa nilai ( $\Delta G_f^{\circ}$ ) bernilai negative sehingga reaksi diatas bersifat spontan.



### a. Uraian Singkat Proses

Proses pembuatan alpha-pinene secara garis besar dibagi menjadi 4 tahap yaitu :

#### 1. Unit Penyediaan Bahan Baku

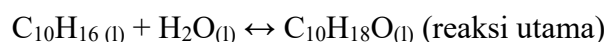
Bahan baku yang digunakan adalah alpha-pinene 95% dengan pengotornya alpha-pinene 5% dan katalis asam kloroasetat 99%. Dari tangki (T-101), (T-102), dan (T-103) dengan kondisi temperature 30°C dan tekanan 1 atm, kemudian di pompa masuk menuju ke reaktor (RE-201) masing – masing bahan baku di alirkan dengan pompa. Sebelum nya di panaskan menggunakan Heater (HE-101) dengan tujuan untuk menaikkan suhu agar sesuai dengan suhu operasi 80°C dan tekanan 1 atm.

#### 2. Unit Reaktor/ Tahap Reaksi

Reaktan dari *mixed point* 1 (pencampuran bahan baku dan katalis) dialirkan menuju reaktor pada temperatur 80°C dan tekanan 1 atm.

Adapun reaksi yang terjadi adalah eksotermis dalam fase cair.

Reaksi yang terjadi :



Tipe reaktor yang digunakan adalah *continous stirred tank reactor*. Produk dari unit reaktor terdiri dari 2 campuran yang tidak mencampur berupa larutan *Chloroacetic acid* dan alpha-terpineol yang terlarut dalam Alpha-Pinene . Oleh karena itu, sebelum masuk ke distilasi untuk pemisahan  $\alpha$ -terpineol, dan  $\alpha$ -pinene, campuran tersebut dipisahkan di decanter.

#### 3. Unit Dekantasi

Produk hasil dari netralisasi asam yaitu berupa padatan garam yang perlu dipisahkan sebelum memasuki destilasi. Oleh karena itu, sebelum masuk ke distilasi untuk pemisahan alpha-terpineol, alpha-

pinene, dan beta-pinene, campuran tersebut dipisahkan dengan dekanter.

#### 4. Unit Pemurnian

Produk campuran  $\alpha$ -terpineol,  $\alpha$ -pinene, dan  $\beta$ -pinene dipompakan dari decanter menuju kolom distilasi. Di unit distilasi, diharapkan kemurnian produk 96% sesuai permintaan pasar, sedangkan  $\alpha$ -pinene, dan  $\beta$ -pinene yang belum bereaksi di *recycle* kembali ke unit reaksi kembali.

### BAB III

#### SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

Supaya dapat tercapai kualitas produk yang diinginkan, maka dibutuhkan spesifikasi bahan baku, dan spesifikasi produk. Adapun sifat fisika dan kimia dari bahan baku dan produk sebagai berikut.

#### 3.1 Spesifikasi Bahan Baku

Pembuatan alpha-terpineol membutuhkan bahan baku utama yaitu alpha-pinene dan air. Alpha-pinene memiliki bahan aktif yang dapat bereaksi membentuk alpha-terpineol. Berikut merupakan komposisi kimia dari alpha-pinene ditunjukkan pada Tabel 3.1. berikut.

Tabel 3. 1 Komponen Kimia Alpha-Pinene

Komponen	(w/w)%
Alpha-Pinene	95
Beta-Pinene	5

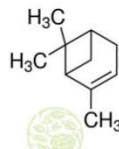
(Sumber: Perhutani, 2023)

Berikut merupakan sifat fisik propertis :

#### 1. Alpha-Pinene

Rumus Molekul :  $C_{10}H_{16}$

Struktur Kimia :



Berat Molekul	: 136,23 kg/kmol
Warna	: Tidak Berwarna
Kemurnian	: 80,65 (b/b) %
Wujud	: Cair
Bau	: Khas pinus
Titik Beku	: -55 °C
Titik Didih	: 156,15 °C
Tekanan Kritis	: 27,6 bar
Densitas	: 0,8592 gr/cm <sup>3</sup> (20 °C)
<i>Spesific Gravity</i>	: 0.8592 (20 °C)
Volume Kritis	: 0,504 m <sup>3</sup> /kg
Tekanan Kritis	: 27,6 Bar
Kelarutan	: 2,4 gr/liter
MSDS	:



*Hazard statement (s)* :

H226 Cairan dan Uap yang mudah terbakar

H304 Dapat berakibat fatal jika tertelan dan memasuki saluran

H315 Menyebabkan iritasi kulit

H317 Dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit

*Precautionary statement (s):*

P280 Kenakan sarung tangan pelindung

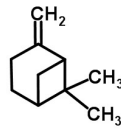
P301 + P310 Jika tertelan segera hubungi pusat racun/dokter

P331 Do Not induce vomiting.

## 2. Beta-Pinene

Rumus Molekul :  $C_{10}H_{16}$

Struktur Kimia :



Berat Molekul : 136,23 kg/kmol

Warna : Tidak Berwarna

Kemurnian : 1,5%

Wujud : Cair

Bau : Khas pinus

Titik Beku :  $-61\text{ }^{\circ}\text{C}$

Titik Didih :  $166,04\text{ }^{\circ}\text{C}$

Tekanan Kritis : 27,6 Bar

Densitas : 0.860 gr/cm<sup>3</sup> (25 °C)

*Spesific Gravity* : 0.860 (25 °C)

Volume Kritis : 0,506 m<sup>3</sup>/kg

Kelarutan : Tidak larut dalam air

MSDS :



*Hazard Statement (s)* :

H226 : Cairan dan Uap yang mudah terbakar

H315 : Menyebabkan iritasi kulit

H319 : Menyebabkan iritasi mata yang serius

H335 : Dapat menyebabkan iritasi pernafasan

*Precautionary Statement (s)* :

P261 : Hindari menghirup debu/asap/gas/kabut/uap/semprotan

P305+P351+P338 : Jika terkena mata bilas hati – hati dengan air selama beberapa menit. Lepaskan lensa kontak jika ada agar mudah di bilas.

*Prevention* :

P210 : Jauhkan dari panas, permukaan yang panas, percikan api, nyala api terbuka dan sumber pengapian lainnya. Dilarang Merokok.

- P233 : Jaga agar wadah tetap tertutup rapat
- P240 : Wadah pentanahan/ikatan dan peralatan penerima.
- P241 : Gunakan peralatan ;istrik, ventilasi, penerangan yang tahan ledakan
- P242 : Gunakan hanya alat yang tidak memicu.
- P243 : Lakukan Tindakan pencegahan terhadap muatan listrik statis.
- P280 : Kenakan pakaian pelindung, sarung tangan pelindung, pelindung mata, pelindung wajah.
- P264 : Cuci kulit yang terpapar secara menyeluruh setelah penanganan
- P261 : Hindari menghirup debu/asap/gas/kabut/uap/semprotan
- P271 : Gunakan hanya di luar ruangan atau di area yang berventilasi baik

*Response* :

- P303+P361+P353 : Jika terkena kulit (atau rambut), segera lepas semua pakaian yang terkontaminasi; bilas kulit dengan air/mandi.
- P370+P378 : Jika terjadi kebakaran' gunakan untuk memadamkan
- P302+P352 : Jika terkena kulit; cuci dengan banyak air
- P321 : Perlakuan khusus;
- P332+P317 : Jika terjadi iritasi kulit; Dapatkan bantuan medis
- P362+P364 : Lepaskan pakaian yang terkontaminasi dan cuci sebelum digunakan kembali.

P305+P351+P338 : Jika terkena mata; bilas hati-hati dengan air selama beberapa menit, lepaskan lensa kontak jika ada agar mudah dilakukan untuk membilas

P304+P340 : Jika terhirup; pindahkan korban ke udara segar dan agar nyaman untuk bernapas

P319 : Dapatkan bantuan medis jika merasa tidak enak badan

Penyimpanan :

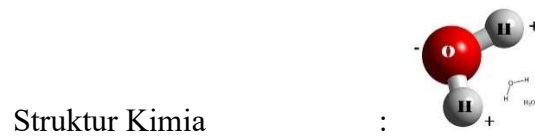
P403-P235 : Simpan di tempat yang berventilasi baik. Tetap dingin

P403+P233 : Simpan di tempat yang berventilasi baik. Simpan dengan wadah wadah tertutup rapat

P405 : Simpan dalam keadaan terkunci

### 3. Air

Rumus Molekul :  $H_2O$



Berat Molekul : 18 kg/kmol

Warna : Tidak Berwarna

Kemurnian : 100 %

Wujud : Cair

Bau : Tidak Berbau

Titik Beku : 0 °C



Titik Didih	: 100 °C
Densitas	: 0,998 gr/cm <sup>3</sup> (20 °C)
<i>Spesific Gravity</i>	: 0,998 (20 °C)
Volume Kritis	: 0,344 m <sup>3</sup> mn

### 3.2 Produk

Berikut merupakan komposisi kimia dari produk :

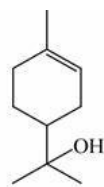
Tabel 3. 2 Komposisi Kimia dari Produk

<b>Komposisi</b>	<b>(w/w)%</b>
Alpha-Terpineol	96
Asam Kloroasetat	4
Total	100

Berikut ini uraian property fisis :

#### 1. Alpha-Terpineol

Rumus Molekul : C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O



Struktur Kimia :  $\alpha$ -terpineol

Berat Molekul : 154,24 kg/kmol

Warna : Tidak Berwarna

Kemurnian : 96 % berat

Wujud : Cair

Bau	: Tidak Berbau
Titik Beku	: 1,8 °C
Titik Didih	: 217,55 °C
Densitas	: 0,93 gr/ml
<i>Specific Gravity</i>	: 0,931 – 0,935 (20 °C)
Kelarutan	: 2,42 gr/liter



MSDS :

*Hazard Statement* :

H315 : Menyebabkan iritasi kulit.

H319 : Menyebabkan iritasi mata yang serius.

*Precautionary Statements* :

P264 : Cuci kulit secara menyeluruh setelah penanganan.

P280 : Kenakan sarung tangan pelindung/pelindung mata/pelindung wajah.

P302 + P352 : Jika terkena kulit; cuci dengan air yang banyak.

P305 + P351 + P338 : Jika terkena mata; bilas hati – hati dengan air selama beberapa menit, lepaskan lensa kontak jika ada agar mudah dilakukan.

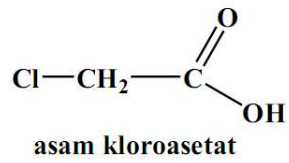
Lanjutkan membilas.

P332 + P313 : Jika iritasi kulit berlanjut; dapatkkn saran/perhatian medis.

P337 +P313 : Jika iritasi mata berlanjut; dapatkkn saran/perhatian medis.

### 3.3 Katalis Asam Kloroasetat

Rumus Molekul :  $C_2H_3ClO_2$



Struktur Kimia	:	asam kloroasetat
Berat Molekul	:	94,5 kg/kmol
Kemurnian	:	100 %
Warna	:	Tidak Berwarna
Wujud	:	Cair
Bau	:	Tidak Berbau
Titik Beku	:	6,3 °C
Titik Didih	:	189 °C
Densitas	:	1,54 gr/ml
Temperatur Kritis	:	412,85 °C
Tekanan Kritis	:	57,8 bar
<i>Spesific Gravity</i>	:	1,4043 kg/liter
Volume Kritis	:	0,221 m <sup>3</sup> /kmol
Kelarutan	:	858 gr/liter
MSDS	:	



*Hazard Statement*

H301+H311+H331 : Beracun jika tertelan, terkena kulit atau terhirup.

H314 : Menyebabkan kulit terbakar parah dan kerusakan mata.

H335 : Dapat menyebabkan iritasi pernafasan.

H400 : Sangat beracun bagi kehidupan perairan.

*Precautionary Statement :*

P260 : Jangan menghirup debu/ kabut.

P273 : Hindari pelepasan ke lingkungan.

P280 : Kenakan sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/wajah/pelindung pendengaran.

P303+P361+P353 : Jika terkena kulit (atau rambut); segera lepas semua pakaian yang terkontaminasi. Bilas kulit dengan air.

P304+P340+P310 : Jika terhirup; Pindahan korban ke udara segar dan jaga agar tetap nyaman untuk bernafas. Segera hubungi pusat racun/dokter.

P305+P351+P338 : Jika terkena mata; Bilas hati-hati dengan air selama beberapa menit. Lepaskan lensa kontak jika ada dan mudah dilakukan. Lanjutkan membilas.

## **BAB X**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **10.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik A-Terpineol dari A-Pinene dan Air dengan Kapasitas 36.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

Aspek Ekonomi

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 29% dan sesudah pajak 28,58%.
2. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,512 tahun dan sesudah pajak 1,932 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 47,72% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 28,58%, yakni batasan kapasitas produksi 20 – 30% sehingga pabrik masih dapat berproduksi karena mendapat keuntungan.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 55,81 %, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

#### **10.2 Saran**

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas, Prarancangan Pabrik A-Terpineol dari A-Pinene dan Air dengan Kapasitas 36.000 ton/tahun diharapkan segera untuk dicarikan investor agar dapat didirikan, karena pabrik ini memiliki potensi yang cukup baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2019. [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). Diakses 11 Oktober 2023 pukul 11.18 WIB.
- Badan Pusat Statistik, 2023, *Statistic Indonesia*, [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id), Indonesia
- Brown.G.George., 1950, *Unit Operation 6<sup>ed</sup>*, Wiley&Sons, USA.
- Brownell.L.E. and Young.E.H., 1959, *Process Equipment Design 3<sup>ed</sup>*, John Wiley & Sons, New York.
- Coulson.J.M. and Ricardson.J.F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Fogler.A.H.Scott, 1999, *Elements of Chemical Reaction Engineering*, Prentice Hall International Inc, New Jersey.
- Geankoplis.Christie.J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3th<sup>ed</sup>*, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Himmeblau.David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Kern.D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F., 2006, “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 4<sup>nd</sup> ed., vol. 17., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Levenspiel.O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- McCabe.W.L. and Smith.J.C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- Megyesy.E.F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.

- Melinder, Ake. 2007. *Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids*. KTH Energy and Environmentally : Swedia
- Perry.R.H. and Green.D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7th<sup>ed</sup>*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peter.M.S. and Timmerhause.K.D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3<sup>ed</sup>*, McGraww-Hill Book Company, New York.
- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Raju, 1995, *Water Treatment Process*, McGraw Hill International Book Company, New York
- Smith.J.M. and Van Ness.H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3<sup>ed</sup>*, McGraww-Hill Inc, New York.
- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3<sup>th</sup> edition*. Mc-Graw Hill Book Company. New York.
- Treyball.R.E., 1983, *Mass Transfer Operation 3<sup>ed</sup>*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Ulmann, 2007. "*Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*". VCH Verlagsgesell Scahft, Wanheim, Germany.
- Ulrich.G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- US Patent Office, no. 724275 " *Production of Alpha Terpineol*"
- Utami, Herti, Arief Budiman, Sutijan, Roto, Setiawan, Wahyu Budi. 2011.

*Heterogeneous Kinetics of Hydration of  $\alpha$ - Pinene for  $\alpha$ -Terpineol Production: Non-Ideal Approach.* World Academy of Science, Engineering and Technology 80.

Van't Land, C.M.2005.*Industrial Crystallization of Melts.* Marcel Dekker, Belanda

Wallas. S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.

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