

**PRARANCANG PABRIK SIKLOHEKSANON DARI HIDROGEN DAN
FENOL DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

(Tugas Khusus Perancangan *Condensor Parsial* (CP-201))

(SKRIPSI)

Oleh:

NABILLA PUSPITA ASRI (2115041075)



JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2026

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK SIKLOHEKSANON DARI HIDROGEN DAN FENOL DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN (Perancangan Condensor Parsial – 201 (CP – 201))

Oleh

NABILLA PUSPITA ASRI

Sikloheksanon merupakan salah satu bahan kimia yang memiliki fungsi sebagai bahan intermediet dalam proses pembuatan asam adipic dan kaprolaktam. Proses produksi sikloheksanon dilakukan dengan menggunakan proses hidrogenasi dengan bahan baku hidrogen dan fenol dengan bantuan katalis Pd/MgO. Pabrik direncanakan dibangun di Kawasan Industri Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi 60.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Penyediaan keutuhan utilitas pabrik berupa pengadaan air, pengadaan *steam*, pengadaan listrik, kebutuhan bahan bakar, dan pengadaan udara. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 175 orang, pabrik berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 2.710.740.749.639,450
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 478.366.014.642,256
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 3.189.106.764.281,700
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 46%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 30%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,75 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,09 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 40%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 32%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 39,53%

Berdasarkan paparan di atas, maka pendirian pabrik Sikloheksanon dinilai layak untuk dipertimbangkan kedepannya karena menguntungkan secara ekonomi dan memiliki masa depan yang relatif menjanjikan.

Kata kunci: hidrogenasi, *line and staff*, sikloheksanon, utilitas.

ABSTRACT

CYCLOHEXANON PLANT PREDESIGN FROM HYDROGEN AND PHENOL WITH 60,000 TONS/YEAR CAPACITY

(Design of Partial Condenser – 201 (CP – 201))

By

NABILLA PUSPITA ASRI

Cyclohexanone is one of the chemicals that has a function as an intermediate ingredient in the process of making adipic and caprolactam acids. The production process of cyclohexanone is carried out using a hydrogenation process with hydrogen and phenol raw materials with the help of Pd/MgO catalysts. The factory is planned to be built in the Cilegon Industrial Estate, Banten with a production capacity of 60,000 tons/year with 330 working days in 1 year. The provision of factory utilities is in the form of water procurement, steam procurement, electricity procurement, fuel needs, and air procurement. The workforce is needed as many as 175 people, the factory is in the form of a Limited Liability Company (PT) and the organizational structure of line and staff.

From the economic analysis it is obtained:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 2.710.740.749.639,450
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 478.366.014.642,256
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 3,189,106,764,281,700
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 46%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 30%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,75 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,09 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 40%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 32%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 39,53%

Based on the above explanation, the establishment of the Cyclohexanone factory is considered worthy of consideration in the future because it is economically profitable and has a relatively promising future.

Keywords: hydrogenation, *line and staff*, cyclohexanone, utility

**PRARANCANGAN PABRIK SIKLOHEKSANON
DARI HIDROGEN DAN FENOL DENGAN
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

Tugas Khusus

Perancangan Kondensor Parsial – 201 (CP-201))

Oleh

NABILLA PUSPITA ASRI

2115041075

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**

2026

LEMBAR PENGESAHAN

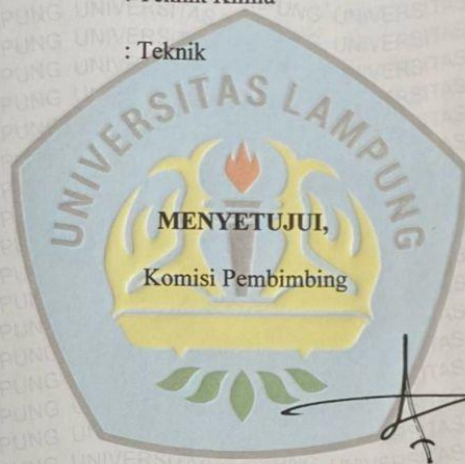
Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK SIKLOHEKSANON
DARI HIDROGEN DAN FENOL DENGAN
KAPASITAS 60.000 TO/TAHUN
(Perancangan Kondensor Parsial (CP-201))**

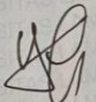
Nama Mahasiswa : Nabilla Puspita Asri

No. Pokok Mahasiswa : 2115041075

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik




Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001


Donny Lesmana S.T., M.Sc.
NIP. 198410082008121003

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Yuli Darni, S.T., M.T.**

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

Penguji

Bukan Pembimbing : **Simpardin Br. Ginting, S.T., M.T.**

Darmansyah, S.T., M.T., Ph.D.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Januari 2026

SURAT 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, 9 Februari 2026



NPM. 2115041075

RIWAYAT HIDUP



Nabilla Puspita Asri, penulis dilahirkan di Martapura, pada tanggal 21 Juni 2002, sebagai anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Sriyono dan Nur Asiyah, S.Pd.I., M.Pd.I. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar di SD Negeri 20 Martapura diselesaikan pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Martapura diselesaikan pada tahun 2017, dan Madrasah Aliyah di MAN 1 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2020.

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) tahun 2021. Pada tahun 2024, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Kilang Pertamina Internasional RU III Plaju – Sungai Gerong dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Heat Exchanger* (HE 6 – 7) Pada Unit Crude Distiller II (CD II) PT. Kilang Pertamina Internasional RU III Plaju”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Rasio Massa Campuran Pati Sorgum dan PVA/Gelatin Dengan Bahan Pengisi Nanoserat Selulosa Batang Sorgum Terhadap Karakteristik Bioplastik” di Laboratorium Rekayasa Polimer, Serat dan Resin Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan diantaranya sebagai Staff Departemen Edukasi Divisi SCET HIMATEMIA Fakultas Teknik Universitas Lampung tahun 2022 dan menjadi Sekretaris Divisi SCET HIMATEMIA Fakultas Teknik Universitas Lampung tahun 2023.

Motto dan Persembahan

“Jika Bukan Karena Allah yang Memampukan, Mungkin Aku Sudah
Menyerah”

“Maka Seseungguhnya Bersama Kesulitan Ada Kemudahan.
Sesungguhnya Bersama Kesulitan itu Ada Kemudahan”
(QS. Al-Insyirah : 5-6)

“Allah Tidak Membebani Seseorang Melainkan Sesuai dengan
Kesanggupannya”
(QS. AL-Baqarah : 286)

“Tidak ada mimpi yang terlalu tinggi dan tidak ada yang patut
diremehkan. Lambungkan setinggi yang kau inginkan dan gapailah
dengan selayaknya yang kau harapkan”
(Maudy Ayunda)

Sebuah Karyaku

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT
kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

Bapak, mama, serta adik-adikku,
terimakasih atas segala kasih sayang, kepercayaan, doa yang luar
biasa, dukungan secara moril dan materil. Terimakasih atas
pengorbanan dan kerja keras kalian selama ini.

Seluruh keluargaku tercinta,
Terimakasih atas dukungan yang diberikan selama ini.

Sahabat-sahabatku,
Terimakasih sudah selalu setia menemani penulis dalam keadaan suka
dan duka.

Para pengajar sebagai tanda hormatku,
Terima kasih atas segala ilmu yang telah diberikan.

Diri Sendiri
Terimakasih telah memutuskan untuk tetap berjuang dan tidak
menyerah, selalu percaya bahwa semua akan berakhir pada waktunya.

Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,
Universitas Lampung
semoga dapat berguna dikemudian hari

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Sikloheksanon dari Hidrogen dan Fenol dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (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. Allah SWT atas karunia-Nya dalam menyelesaikan tugas akhiri ini.
2. Kedua orang tua ku Bapak Sriyono dan Mamaku Nur Asiyah, S.Pd.I., M.Pd.I.

Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan. Tak pernah lelah memberikan dukungan, doa, serta semangat kepada penulis. Terima kasih telah menjadi orang tua terbaik, terimakasih atas segala materi, waktu, serta kasih sayang yang diberikan semoga Allah selalu melindungi kalian.

3. Adik – adikku, M. Nabil Ari Dirgantara, Galang Saputra, Mikayla Arta Malika dan seluruh keluargaku tersayang yang telah menyemangati, menasihati, memberikan motivasi dan mendoakan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T. M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

5. Ibu Yuli Darni, S.T. M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan selaku dosen pembimbing I serta dosen pembimbing Kerja Praktek dan Penelitian yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberi ilmu saran, masukan dan bimbingan selama penyelesaian Tugas Akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
6. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing II atas semua ilmu, dukungan dan saran untuk penyelesaian Tugas akhir ini. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
7. Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T.,M.T. sebagai dosen penguji I atas semua ilmu, saran, kritik dan telah menuntun untuk berfikir dengan benar.
8. Bapak Darmansyah, S.T., M.Sc., Ph.D. sebagai dosen penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik.
9. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. sebagai dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran dan kritik, juga selaku dosen atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan.
10. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
11. Dyta Egia Deestiana, S.T, selaku partner Tugas Akhir dan Penelitian penulis yang selalu memberi semangat dalam suka duka pengerjaan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya, semoga kita menjadi anak yang sukses dan membanggakan orang tua.
12. Mutia Farraz Daffa, Putri Hayatun Nufus, Azzahra Oktaviani Akila, Tazkia Aziza, terimakasih selalu menjadi tempat penulis pulang dikala perkuliahan

terasa berat, terimakasih sudah selalu mendengarkan keluh kesah penulis dan terimakasih atas dukungan, bantuan dan semangatnya.

13. Keluarga Cemaraku, Dyta, Rahma, Sara, Thia, Winta, Nisa, Eggi, Zaky, Thirta, Aldi, Dyka, Gusti Terima kasih telah menjadi teman terbaik di masa perkuliahan ini.
14. Teman-teman angkatan 2021, teman-teman seangkatan yang tidak saya sebutkan namanya namun masing-masing punya andil yang berarti untuk selesainya masa kuliah penulis. Terima kasih untuk dukungan yang selalu diberikan, menjadi tempat bertanya, tempat bercerita dan tempat bercanda. Semoga kita semua bisa menjadi orang yang sukses.
15. Seluruh anggota *Treasure*, Choi Hyunsuk, Park Jihoon, Kim Junkyu, Yoshinori, Yoon Jaehyuk, Hamada Asahi, Kim Doyoung, Park Jeong Woo, Watanabe Haruto, So Junghwan yang telah menghibur dan menjadi *moodbooster* penulis selama menyelesaikan tugas akhir ini LOVE YOU GUYS.

Bandar Lampung, Februari 2026

Penulis,

Nabilla Puspita Asri

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk	2
1.3 Kapasitas Produksi	3
1.4 Lokasi Pabrik.....	5
BAB II	8
DESKRIPSI PROSES.....	8
2.1 Jenis-Jenis Proses	8
2.1.1 Proses Hidrogenasi Fenol.....	8
2.1.2 Proses Oksidasi Katalitik Sikloheksana	9
2.2 Pemilihan Proses	10
2.2.1 Tinjauan Termodinamika	10
2.2.2 Tinjauan Ekonomi.....	12
2.3 Pemilihan Proses	16
2.4 Uraian Proses.....	17
BAB III.....	19
SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK.....	19
3.1 Bahan Baku	19
3.1.1 Bahan Baku Utama	19
3.1.2 Bahan Baku Penunjang	20
3.2 Produk.....	23
BAB IV	24
NERACA MASSA DAN ENERGI	24
4.1 Neraca Massa.....	24

4.2	Neraca Energi	29
BAB V		34
SPESIFIKASI PERALATAN PROSES		34
5.1	Tangki Penyimpanan Fenol (ST-101)	34
5.2	Tangki Penyimpanan Hidrogen (ST-102)).....	35
5.3	Vaporizer (VP-101).....	36
5.4	Heater (HE-101).....	37
5.5	Reaktor (RE-201)	38
5.6	Partial Condensor (PC-201)	39
5.7	Flash Drum (FD-201)	40
5.8	Heater (H-201).....	41
5.9	Distillation Column (DC-301).....	42
5.10	Condenser (CD-301).....	43
5.11	Reboiler (RB-301)	44
5.12	Accumulator (ACC-301)	45
5.13	Cooler (CO-301).....	46
5.14	Distillation Column (DC-302).....	47
5.15	Condenser (CD-302).....	48
5.16	Reboiler (RB-302)	49
5.17	Accumulator (ACC-302)	50
5.18	Cooler (CO-302).....	51
5.19	Cooler (CO-303).....	52
5.20	Tangki Sikloheksanon (ST-401).....	53
5.21	Tangki Sikloheksanol (ST-402).....	54
5.22	Pompa Proses (PP-101)	55
5.23	Pompa Proses (PP-201)	56
5.24	Pompa Proses (PP-301)	57
5.25	Pompa Proses (PP-302)	58
5.26	Pompa Proses (PP-303)	59
5.27	Pompa Proses (PP-304)	60
5.28	Pompa Proses (PP-305)	61
5.29	Pompa Proses (PP-306)	62

BAB VI.....	63
UTILITAS.....	63
6.1 Unit Pendukung Proses.....	63
6.2 Pengolahan Limbah.....	77
6.3 Laboratorium	77
6.4 Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	80
BAB VII.....	83
TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK.....	83
7.1 Lokasi Pabrik.....	83
7.2 Tata Letak Pabrik	86
7.3 Prakiraan Areal Lingkungan.....	87
BAB VIII.....	91
SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN	91
8.1 Bentuk Perusahaan	91
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan.....	93
8.3 Tugas Dan Wewenang.....	96
8.4 Status Karyawan Dan Sistem Penggajian.....	103
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	103
8.6 Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan.....	105
8.7 Kesejahteraan Karyawan	112
BAB IX	115
INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....	115
9.1 Penaksiran Harga Peralatan	116
9.2 Dasar Perhitungan	116
9.3 Analisis Kelayakan.....	122
9.4 Hasil Perhitungan	125
BAB X.....	133
KESIMPULAN DAN SARAN	133
10.1 Kesimpulan	133
10.2 Saran	133
DAFTAR PUSTAKA.....	134

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI

LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN PROSES

LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS

LAMPIRAN E INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

LAMPIRAN F PERANCANGAN CONDENSOR PARSIAL (CP-201)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Impor Sikloheksanon di Indonesia	4
Gambar 6. 1 Cooling Tower.....	67
Gambar 6. 2 Diagram Cooling Water System	68
Gambar 6. 3 Deaerator	70
Gambar 6. 4 Diagram Alir Pengolahan Air	70
Gambar 7. 1 Peta dan Lokasi Prarancangan Pabrik Sikloheksanon.....	83
Gambar 7. 2 Peta Lokasi Jarak Pabrik dengan Pabrik Hidrogen	84
Gambar 7. 3 Tata Letak Pabrik	89
Gambar 7. 4 Tata Letak Alat Proses	89
Gambar 8. 1 Struktur Organisasi Perusahaan	95
Gambar 9. 1 Kurva Break Even Point dan Shut Down Point	129
Gambar 9. 2 Kurva Cumulative Cash Flow Metode DCF	132

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Daftar Perusahaan Penghasil Sikloheksanon di Dunia	2
Tabel 1.2 Pabrik Pengguna Sikloheksanon Sebagai Bahan Baku di Indonesia	3
Tabel 1.3 Data Sikloheksanon di Indonesia	4
Tabel 1.4 Daftar Perusahaan Penghasil Phenol di Indonesia	6
Tabel 1.5 Daftar Perusahaan Penghasil Hidrogen di Indonesia	6
Tabel 2.1 Nilai $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta G^{\circ}f$ komponen proses kondisi standar	11
Tabel 2.2 Daftar Harga Bahan Baku dan Produk	12
Tabel 2.3 Matrik Pemilihan Proses	16
Tabel 3.1 Data Fisik Phenol	19
Tabel 3.2 Data Fisik Hidrogen	20
Tabel 3.3 Data Fisik Palladium	21
Tabel 3.4 Data Fisik Magnesium Oxide	22
Tabel 3.5 Data Fisik Sikloheksanon	23
Tabel 3.6 Data Fisik Sikloheksanol	23
Tabel 4.1 Neraca Massa Mix Point 1 (MP-101)	25
Tabel 4.2 Neraca Massa Mix Point 2 (MP-102)	25
Tabel 4.3 Neraca Massa Vaporizer	26
Tabel 4.4 Neraca Massa Reaktor (RE-201)	26
Tabel 4.5 Neraca Massa Condensor Parsial (CP-201)	27
Tabel 4.6 Neraca Massa Flash Drum (FD-201)	27
Tabel 4.7 Neraca Massa Distilasi Column (DC-301)	28
Tabel 4.8 Neraca Massa Distilasi Column (MD-302)	28
Tabel 4.9 Neraca Energi di Mix Point (MP-101)	29
Tabel 4.10 Neraca Energi di Vaporizer (V-101)	29
Tabel 4.11 Neraca Energi di Expander Valve (EX-101)	29
Tabel 4.12 Neraca Energi di Mix Point (MP-102)	30
Tabel 4.13 Neraca Energi di Heater (HE-101)	30
Tabel 4.14 Neraca Energi di Reaktor (RE-201)	30
Tabel 4.15 Neraca Energi di Condensor Parsial (CP-201)	31
Tabel 4.16 Neraca Energi di Flash Drum (FD-201)	31

Tabel 4.17 Neraca Energi di Cooler (CO-201)	31
Tabel 4.18 Neraca Energi di Distillation Column (DC-301)	32
Tabel 4.19 Neraca Energi di Expansion Valve (EV-301).....	32
Tabel 4.20 Neraca Energi di Cooler (CO-301)	32
Tabel 4.21 Neraca Energi di Distillation Column (DC-302)	33
Tabel 4.22 Neraca Energi di Cooler (CO-302)	33
Tabel 4.23 Neraca Energi di Cooler (CO-302)	33
Tabel 5.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Fenol (ST-101)	34
Tabel 5.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Hidrogen (ST-102)	35
Tabel 5.3 Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	36
Tabel 5.4 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101).....	37
Tabel 5.5 Spesifikasi Reaktor (RE-201)	38
Tabel 5.6 Spesifikasi <i>Partial Condensor</i> (PC-201)	39
Tabel 5.7 Spesifikasi <i>Flash Drum</i> (FD-201).....	40
Tabel 5.8 Spesifikasi <i>Heater</i> (H-201)	41
Tabel 5.9 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-301).....	42
Tabel 5.10 Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-301)	43
Tabel 5.11 Spesifikasi Reboiler (RB-301).....	44
Tabel 5.12 Spesifikasi Accumulator (ACC-301).....	45
Tabel 5.13 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-301).....	46
Tabel 5.14 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-302).....	47
Tabel 5.15 Spesifikasi Condenser (CD-302)	48
Tabel 5.16 Spesifikasi Reboiler (RB-302).....	49
Tabel 5.17 Spesifikasi Accumulator (ACC-302).....	50
Tabel 5.18 Spesifikasi Cooler (CO-302).....	51
Tabel 5.19 Spesifikasi Cooler (CO-303).....	52
Tabel 5.20 Spesifikasi Tangki Penyimpanan <i>Sikloheksanon</i> (ST - 401)	53
Tabel 5.21 Spesifikasi Tangki Penyimpanan <i>Sikloheksanol</i> (ST - 402).....	54
Tabel 5.22 Spesifikasi Pompa Proses (PP-101)	55
Tabel 5.23 Spesifikasi Pompa Proses (PP-201)	56
Tabel 5.24 Spesifikasi Pompa Proses (PP-301)	57
Tabel 5.25 Spesifikasi Pompa Proses (PP-302)	58

Tabel 5.26 Spesifikasi Pompa Proses (PP-303)	59
Tabel 5.27 Spesifikasi Pompa Proses (PP-304)	60
Tabel 5.28 Spesifikasi Pompa Proses (PP-305)	61
Tabel 5.29 Spesifikasi Pompa Proses (PP-306)	62
Tabel 6.1 Peralatan yang Membutuhkan Air Pendingin	65
Tabel 6.2 Peralatan yang Membutuhkan <i>Steam</i>	68
Tabel 6.3 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	81
Tabel 6.4 Pengendalian Variabel Utama Proses	82
Tabel 7.1 Area bangunan pabrik	87
Tabel 7.2 Area fasilitas penunjang pabrik.....	88
Tabel 7.3 Area perluasan pabrik	88
Tabel 8.1 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	105
Tabel 8.2 Perincian Tingkat Pendidikan	106
Tabel 8.3 Jumlah Operator Unit Proses	108
Tabel 8.4 Jumlah Operator Unit Utilitas	109
Tabel 8.5 Jabatan.....	110
Tabel 9.1 <i>Direct Cost</i>	125
Tabel 9.2 <i>Indirect Cost</i>	126
Tabel 9.3 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	127
Tabel 9.4 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	127
Tabel 9.5 <i>General Expense</i>	128
Tabel 9.6 <i>Discounted Cash Flow dan Net Present Value</i>	131

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang diharapkan mampu bersaing dengan negara-negara industri di dunia. Perkembangan industri sebagai bagian dari usaha ekonomi jangka panjang diarahkan untuk menciptakan struktur ekonomi yang lebih baik dan seimbang yaitu struktur ekonomi yang dititik-beratkan pada industri maju yang didukung oleh ekonomi yang tangguh. Indonesia sebagai negara berkembang dituntut untuk dapat bersaing dengan negara lain dalam bidang industri sehingga memiliki daya saing agar dapat masuk kedalam pasar internasional dan dapat mempertahankan pasar dalam negeri. Perkembangan industri di Indonesia sangat berpengaruh pada ketahanan ekonomi Indonesia yang akan menghadapi banyak kendala di era pasar bebas nanti. Sektor industri kimia banyak memegang peranan dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Inovasi proses produksi maupun pembangunan pabrik baru yang berorientasi pada pengurangan ketergantungan kita pada produk impor maupun untuk menambah devisa negara sangat diperlukan, salah satunya dengan pembangunan pabrik sikloheksanon. (ICESA, 2025)

Sikloheksanon merupakan senyawa organik yang termasuk dalam senyawa turunan dari benzene. Sikloheksanon yang mempunyai rumus molekul $C_6H_{10}O$ berwujud cair pada temperatur kamar dan tekanan atmosfer. Sikloheksanon merupakan salah satu senyawa kimia organik yang digunakan dalam industri tekstil. Konsumen utama sikloheksanon adalah industri adipic acid untuk nylon-66 dan kaprolaktam untuk nylon-6, dan lain-lain. (Dimian et al., 2008)

Kebutuhan sikloheksanon di Indonesia diperkirakan akan mengalami peningkatan dengan berkembangnya industri-industri berbahan baku sikloheksanon di Indonesia. Selain itu sikloheksanon belum dapat diproduksi

didalam negeri, sehingga untuk mencukupi kebutuhan didalam negeri masih didatangkan dari luar negeri. Proyeksi kebutuhan sikloheksanon global semakin meningkat dari tahun ke tahun. Untuk itu industri sikloheksanon mempunyai prospek yang cukup baik untuk dikembangkan di Indonesia. Disamping untuk memenuhi kebutuhan sikloheksanon dalam negeri, sehingga dapat mengurangi impor dalam negeri yang diharapkan dapat memberi keuntungan *finansial* dan menambah devisa negara, selain itu dapat membantu pemerintah dalam mengatasi masalah tenaga kerja dan sekaligus dapat mendukung berkembangnya industri-industri di Indonesia serta memacu tumbuhnya industri baru terutama industri sikloheksanon, maka prospek pabrik sikloheksanon di Indonesia cukup menjanjikan. Berikut beberapa pabrik sikloheksanon yang ada di dunia. (ICESA, 2025)

Tabel 1.1 Daftar Perusahaan Penghasil Sikloheksanon di Dunia

Nama Perusahaan	Data Import (Ton/tahun)
Luxi Chemical	300.000
Hubei Sanning	480.000
Xianjiang Pustiansu	100.000
China Petrochemical Development Corp.	200.000
Jepang UBE Industries	100.000-200.000

(Sumber: www.icis.com, 2025)

1.2 Kegunaan Produk

Sikloheksanon merupakan produk intermediate yang memiliki penggunaan cukup luas. Adapun kegunaan yang didapatkan dari sikloheksanon adalah sebagai berikut :

1. Sebanyak 90% sikloheksanon digunakan sebagai bahan baku pembuatan adipic acid yang nantinya diproses menjadi nylon 6.6, dan kaprolaktam yang akan diproses menjadi nylon 6.

2. Sebanyak 10% sikloheksanon digunakan sebagai solvent, bahan insektisida, dan plasticizer.

Produk ditargetkan untuk dipasarkan baik di dalam negeri maupun diekspor ke luar negeri. Untuk kebutuhan di Indonesia akan dipasarkan antara lain ke PT. Elsono Multi Pratama sebagai produsen kaprolaktam, PT. Graha Jaya Pratama Jakbar dan PT. Asahimas Chemical Cilegon sebagai produsen plasticizer, PT. Ria Indo Agri Cibubur dan PT. Avisi Mandiri Tangerang sebagai produsen insektisida. Untuk ekspor ditujukan ke wilayah Asia terutama negara China dan Thailand.

Tabel 1.2 Pabrik Pengguna Sikloheksanon Sebagai Bahan Baku di Indonesia

No	Nama Pabrik	Produk	Kapasitas (ton/tahun)	Lokasi
1.	PT. Indonesia Toray Synthetics	Nylon	16.000	Tangerang
2.	PT. Filamendo Sakti	Nylon	28.000	Tangerang
3.	PT. Indonesia Asahi Chemical Industries	Nylon	8.550	Purwakarta
4.	PT. Susila Indah Synthetic Ind	Nylon	6.500	Tangerang
5.	PT. Sandang Utama Mulya	Nylon	7.000	Karawang
6.	PT. Prima Rajuli Sukses	Nylon	8.500	Tangerang
7.	PT. Polychem Indonesia	Nylon	19.703	Bogor
8.	PT. Indo Kordsa	Nylon	21.000	Bogor

1.3 Kapasitas Produksi

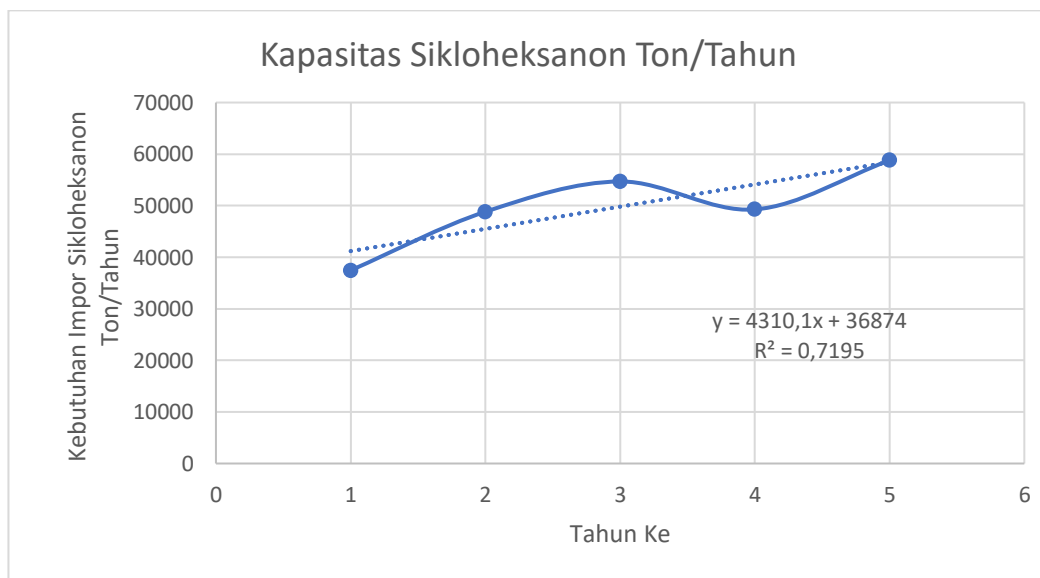
Untuk menentukan kapasitas produksi menggunakan data import sikloheksanon selama beberapa tahun kebelakang.

Tabel 1.3 Data Sikloheksanon di Indonesia

Tahun	Data Import (Ton/tahun)
2020	37.458,77
2021	48.821,22
2022	54.688,77
2023	49.268,49
2024	58.785,45

(sumber : BPS 2025)

Dari tabel import tersebut bias kita dapatkan persamaan garis yang menyatakan y sebagai kapasitas dan x sebagai tahun ke. Pabrik akan dibuat pada tahun 2035 tahun ke 10 dari tahun 2025.



Gambar 1. 1 Data Impor Sikloheksanon di Indonesia

Berdasarkan data impor sikloheksanon dari Tabel 1.3 diperoleh persamaan regresi polinomial. Apabila diproyeksikan pada tahun ke 10 yaitu 2035 diperkirakan jumlah impor sikloheksanon sebesar:

$$\begin{aligned}(y) &= 4310,1(x) + 36874 \\ &= 4310,1(10) + 36874 \\ &= 79975 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Sehingga setelah dilakukan perhitungan didapatkan kapasitas dari proses produksi sikloheksanon adalah sebesar 79.975 ton/tahun dan untuk memenuhi kebutuhan impor sebesar 75%, maka kapasitas yang digunakan adalah sebesar 60.000 ton/tahun.

Impor sikloheksanon yang semakin besar menunjukkan kebutuhan produk semakin meningkat setiap tahunnya. Oleh karena itu, perencanaan pendirian pabrik sikloheksanon di Indonesia cukup penting untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, serta dapat mengurangi angka pengangguran. Pendirian pabrik sikloheksanon didukung dengan masih banyaknya lahan yang dapat digunakan untuk mendirikan pabrik, SDM yang banyak, serta letak geografis yang strategis.

1.4 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu masalah pokok yang menunjang keberhasilan suatu pabrik, terutama pada aspek-aspek ekonomisnya. Setelah mempelajari dan menimbang beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik, maka ditetapkan lokasi pabrik sikloheksanon tersebut di Kawasan Warnasari, Citangkil, Cilegon, Banten dengan luas lahan sekitar $\pm 6,5$ ha. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik ini, antara lain:

a. Bahan Baku

Bahan Baku memegang peranan penting, dimana dalam proses produksi pabrik sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku ini. Lokasi pabrik yang dekat dengan bahan baku akan lebih menguntungkan. Bahan baku tersebut tidak perlu didatangkan dari luar negeri, tetapi dapat dipenuhi dari

dalam negeri, untuk hidrogen diperoleh dari PT Air Liquide Indonesia yang memiliki kapasitas produksi sebesar 218.176 ton/tahun dan berada di Jl. Australia 2, Kavling M1 Kec, Samang Raya, Warnasari, Kec. Cilegon, Kota Cilegon, Banten dengan jarak 2,3 KM dari lokasi pabrik yang akan didirikan dan PT. Metropolitan Phenol Pratama, di Serang, Banten untuk phenol.

Tabel 1.4 Daftar Perusahaan Penghasil Phenol di Indonesia

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/th)
PT Metropolitan Phenol Pratama	Serang, Banten	40.000
PT Lambang Tri Usaha	Cibitung, Jawa barat	45.000
PT Bumi Banjar Utama Sakti	Kalimantan Selatan	35.000
PT Batu Penggal Chemical Industri	Kalimantan Timur	20.000

Tabel 1.5 Daftar Perusahaan Penghasil Hidrogen di Indonesia

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/th)
PT Samantor Gresik	Gresik	96.960
PT Peroksida Indonesia Utama	Cikampek	24.000
PT Air Liquide Indonesia	Cilegon	218.000
PT Product Indonesia	Cilegon	120.000

b. Pemasaran

Pabrik sikloheksanon didirikan untuk memenuhi kebutuhan industri dalam dan luar negeri yang terus meningkat, terutama dibidang industri yang menggunakan sikloheksanon bahan baku pembuatan adipic acid yang nantinya diproses menjadi nylon 66, kaprolaktam yang diproses menjadi nylon 6 yang selanjutnya digunakan sebagai bahan pembuatan cat, dan agen pembersih lainnya dan kemudian sikloheksanon ini juga di ekspor ke negara-negara ASEAN dan salah satu negara Asia yaitu India. Sikloheksanon merupakan produk intermediate yang memiliki penggunaan cukup luas. Selain itu sikloheksanon dapat digunakan sebagai solvent bahan insektisida dan plasticizer.

c. Utilitas

Kebutuhan air untuk proses dan keperluan lainnya cukup tersedia karena lokasi pabrik berada dekat dengan Kali Berung. Untuk kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PLTGU PT Krakatau Daya Listrik dengan kapasitas 120 MW dengan jarak 450 m dari lokasi pabrik.

d. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat dipenuhi dengan mudah dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun dari luar lokasi pabrik, mengingat Pulau Jawa merupakan wilayah yang banyak terdapat lembaga pendidikan yang menghasilkan tenaga ahli. Kepadatan penduduk yang tinggi akan memudahkan pencarian tenaga bukan ahli.

e. Transportasi

Cilegon yang ditetapkan sebagai kawasan industri terpadu telah dilengkapi dengan sarana transportasi yang sangat memadai, baik transportasi darat maupun laut. Lokasi pembangunan pabrik Sikloheksanon dekat dengan jalan raya sehingga memudahkan akses dalam memenuhi bahan baku dan pendistribusian dari produk sikloheksanon menggunakan jalur darat. Selain itu, lokasi pendirian pabrik juga berdekatan dengan Pelabuhan Cigading yang berjarak 4,5 KM.

f. Undang-Undang dan peraturan

Faktor perundang-undangan setempat tidak menjadi persoalan karena letak pabrik ini berada dekat dengan kawasan industri dan beberapa pabrik besar sehingga telah mendapat izin dari pemerintah daerah dan masyarakat sekitar dapat menerima dengan baik

BAB II

DESKRIPSI PROSES

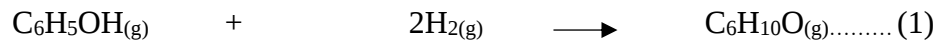
2.1 Jenis-Jenis Proses

Pada proses pembuatan sikloheksanon terdiri dari 2 jenis proses yaitu proses hidrogenasi *phenol* dan proses hidrogenasi sikloheksana.

2.1.1 Proses Hidrogenasi Fenol

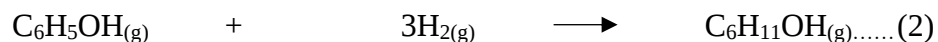
Berdasarkan US patent WO2016/075047 A1 pembentukan sikloheksanon dapat dilakukan dengan mencampurkan fenol dan hidrogen dengan bantuan katalis palladium-magnesium oxide. Reaktor yang digunakan adalah jenis *fixed bed multitube* dengan kondisi operasi pada temperatur 229,85°C dan tekanan 1 atm.

Reaksi :



Dan terbentuk *by product* sikloheksanol

Reaksi



Reaksi ini berlangsung pada fasa gas dengan perbandingan rasio mol fenol dan hidrogen yaitu 1 : 3. Fenol fasa cair akan memasuki vaporizer untuk mengubah fasanya menjadi uap, vaporizer beroperasi pada temperatur 181,62 °C dan tekanan 1 atm. Hidrogen murni bercampur dengan fenol sebelum bereaksi di reaktor. Reaktor yang digunakan adalah jenis *fixed bed multitube* dengan kondisi operasi pada temperatur 229,85°C dan tekanan 1 atm. Katalis campuran *palladium-magnesium oxide* memiliki komposisi palladium 0,5 – 7% sebagai support katalisnya. Keluaran reaktor berupa sikloheksanon, sikloheksanol, fenol, hidrogen, metan, dan air. Reaksi yang berlangsung dalam kondisi eksotermis, sehingga dibutuhkan air pendingin. Konversi reaksi pada fenol sebesar 90% dan pada proses ini fenol

merupakan komponen reaksi pembatas.

Unit pemurnian yang digunakan pada proses ini adalah *flash drum*, dan distilasi. *Flash drum*, digunakan untuk memisahkan fasa gas dan fasa cair keluaran *condenser partial*. Gas yang tidak dapat terkondensasi akan menjadi keluaran atas sedangkan keluaran bawah berupa *liquid*. Pemisahan menggunakan menara distilasi dengan prinsip memisahkan campuran berdasarkan perbedaan titik didih, pada proses ini menara distilasi 1 digunakan untuk memisahkan komponen fenol dari sikloheksanon, dan sikloheksanol. Sedangkan pada menara distilasi 2 digunakan untuk memisahkan sikloheksanon dan sikloheksanol.

2.1.2 Proses Oksidasi Katalitik Sikloheksana

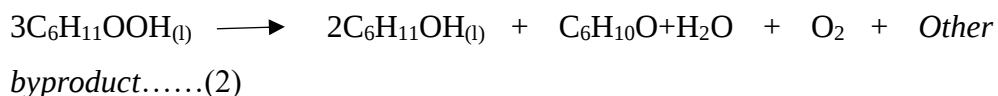
Berdasarkan patent US 2008/0064902 A1 reaksi oksidasi katalitik sikloheksana adalah suatu reaksi dimana satu atau lebih reaktan diubah menjadi produk dengan penambahan oksigen. Reaksi sikloheksana dengan oksigen menghasilkan produk samping hasil reaksi berupa sikloheksanol. Proses ini menggunakan sikloheksana dengan udara sebagai pereaksi. Proses ini terdiri dari 2 mekanisme reaksi. Langkah pertama ialah pembentukan *cyclohexyl hydrogen peroxide*. Reaksi dilakukan di dalam reaktor berpengaduk kontinyu dengan suhu 155°C dengan tekanan 2 Mpa.

Reaksi



Selanjutnya *cyclohexyl hydrogen peroxide* akan terkonversi menjadi sikloheksanol, sikloheksanon dan beberapa *impurities* yang lain.

Reaksi



Rasio molar antara sikloheksanol dengan sikloheksanon hasil dekomposisi ialah 2,1. Setelah itu akan dialirkan menuju kolom distilasi pertama untuk memisahkan sikloheksana yang tidak bereaksi (konversi reaksi ialah 75 %).

Setelah itu sikloheksana sebagai *top product* akan dimasukkan ke dalam reaktor kembali untuk digunakan kembali. Sedangkan *bottom product* akan di masukkan ke dalam kolom distilasi ke dua untuk memisahkan *by product* dengan gas sikloheksanon-sikloheksanol. *By product* merupakan *bottom product* dan akan dibuang ke pengolahan limbah sedangkan *top product* akan dimasukkan ke dalam kolom distilasi ke 3 untuk memisahkan sikloheksanol dengan sikloheksanon. Sikloheksanon akan menjadi *top product* dan sikloheksanol akan menjadi *bottom product*.

2.2 Pemilihan Proses

2.2.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika ini didasarkan pada panas pembentukan standar dan energi bebas Gibbs. Panas pembentukan standar (ΔH) merupakan besarnya panas reaksi yang mampu dihasilkan atau dibutuhkan untuk berlangsungnya suatu reaksi kimia. ΔH dapat bernilai positif (+), yang menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk melangsungkan reaksi kimia tersebut (*endoterm*). Sedangkan untuk ΔH yang bernilai negatif (-), menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi (*eksoterm*).

Energi Gibbs standar menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia. ΔG° bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan ΔG° bernilai negatif (-) menunjukan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi.

$$\Delta H^\circ_{reaksi} = \sum \Delta H^\circ_{produk} - \sum \Delta H^\circ_{reaktan}$$

$$\Delta G^\circ_{reaksi} = \sum \Delta G^\circ_{produk} - \sum \Delta G^\circ_{reaktan}$$

(Yaws,1999)

Berikut ini perhitungan panas pembentukan pada masing-masing proses.

1. Proses Hidrogenasi Fenol

Berikut nilai $\Delta H^{\circ}f$ dan nilai $\Delta G^{\circ}f$ masing-masing komponen pada suhu 298K:

Tabel 2.1 Nilai $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta G^{\circ}f$ komponen proses kondisi standar

Komponen	$\Delta H^{\circ}f$, kJ/mol	$\Delta G^{\circ}f$, kJ/mol
C ₆ H ₅ OH	-96,4	-32,89
H ₂ O	-241,800	-0,0443
H ₂	0	0
CH ₄	-74,850	-50,840
C ₆ H ₁₀ O	-230,15	-90,75
C ₆ H ₁₂ O	-294,09	-117,91

Reaksi yang terjadi:



$$\begin{aligned}\Delta H^{\circ}_{standar} &= \sum \Delta H^{\circ}_{produk} - \sum \Delta H^{\circ}_{reaktan} \\ &= ((1 \times \Delta H^{\circ}\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}) - ((1 \times \Delta H^{\circ}\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) + (2 \times \Delta H^{\circ}\text{H}_2)) \\ &= -133,79 \text{ KJ/mol}\end{aligned}$$

Karena $\Delta^{\circ}H$ minus maka reaksi merupakan reaksi eksotermis.

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ}_{standar (1)} &= \sum \Delta G^{\circ}_{produk} - \sum \Delta G^{\circ}_{reaktan} \\ &= ((1 \times \Delta G^{\circ}\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}) - ((1 \times \Delta G^{\circ}\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) + (2 \times \Delta G^{\circ}\text{H}_2)) \\ &= -57,86 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Karena nilai ΔG negatif, maka reaksi berjalan spontan

2.2.2 Tinjauan Ekonomi

Tabel 2.2 Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

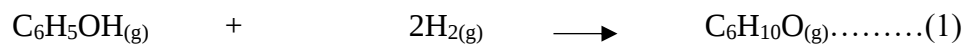
Komponen	Harga (USD/Kg)	Harga (Rp/Kg)
Fenol	1,29	21.455,28
Gas Hidrogen	1,3	21.621,6
Sikloheksana	0,9	14.968,8
Sikloheksanon	8	133.056

Kapasitas Produk = 60.000 Ton/Tahun
 = 60.000.000 Kg/Tahun
 = 164.384,62 Kg/Hari
 = 6.849,36 Kg/Jam

Basis perhitungan 1 jam:

1. Proses Hidrogenesi Fenol

Reaksi yang terjadi:



Dengan konversi phenol sebesar 90% bahan baku yang dibutuhkan:

	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}_{(g)}$	+	$2\text{H}_{2(g)}$	$\longrightarrow$	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_{(g)}$	
M :	107,2427		321,7282			
B :	77,2148		154,4296		77,2148	
S :	30,0280		167,2987		77,2148	

Menghitung kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan dalam 1 jam proses produksi:

$$\begin{aligned}\text{Fenol} &= 107,2427 \text{ kmol} \times 94,113 \text{ kg/kmol} \\ &= 10.092,9365 \text{ kg}\end{aligned}$$

Fenol yang diperoleh dari industry mengandung 99,9 % *Phenol*

$$\begin{aligned}\text{Fenol} &= \frac{10.092.9365\text{kg}}{0,999} \\ &= 10.082,8435 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga Fenol} &= \text{Rp } 21.455 \text{ /kg} \times 10.101,1580 \text{ kg} \\ &= \text{Rp } 216.543.951\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H}_2 &= 321.7282 \text{ kmol} \times 2,016 \text{ kg/kmol} \\ &= 648,6041 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga H}_2 &.= 648,4833 \text{ kg} \times \text{Rp } 21.622 \text{ /Kg} \\ &= \text{Rp } 14.024.118\end{aligned}$$

Pengeluaran total untuk pembelian bahan baku dalam 1 jam proses produksi

$$\begin{aligned}&= \text{Harga pembelian Fenol} + \text{Harga pembelian H}_2 \\ &= \text{Rp } 216.543.951 + \text{Rp } 14.024.118 \\ &= \text{Rp } 230.568.069\end{aligned}$$

Pendapatan yang didapatkan dengan menjual produk yang didapatkan dalam

1 jam proses :

$$\begin{aligned}&= \text{Produk Sikloheksanon dalam 1 jam} \times \text{Harga} \\ &\quad \text{Sikloheksanon} \\ &= 7.575,7576 \text{ Kg} \times \text{Rp } 133.056 \text{ /Kg} \\ &= \text{Rp } 1.008.000.000,00\end{aligned}$$

Keuntungan yang didapatkan dalam 1 jam proses

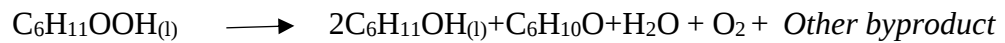
$$= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan}$$

$$= \text{Rp } 1.008.000.000 - \text{Rp } 230.744.421$$

$$= \text{Rp } 777.431.930$$

2. Proses Oksidasi Sikloheksana

Reaksi yang terjadi:



$$\text{Mol C}_6\text{H}_{10}\text{O yang terbentuk} = \frac{4.680,365 \text{ Kg}}{98,145 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 47,688 \text{ kmol}$$

Menghitung bahan baku yang dibutuhkan dengan konversi :

Reaksi 2 dengan konversi 90 %:

	$3\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OOH}$	$\longrightarrow$	$2\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}_{(l)} +$	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O} +$	$\text{H}_2\text{O} +$	O_2
M	158,960					
B	143,064		95,376	47,688	47,688	47,688
S	15,896		95,376	47,688	47,688	47,688

Reaksi 1 dengan konversi 70 %

	$\text{C}_6\text{H}_{12(l)}$	+	$\text{O}_{2(l)}$	$\longrightarrow$	$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OOH}_{(l)}$
M :	227,0857		158,960		
B :	158,960		158,960		158,960
S :	68,1257		0		155,0836

Menghitung kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan dalam 1 jam proses produksi:

$$\begin{aligned}\text{Sikloheksana} &= 227,0857 \text{ kmol} \times 84,149 \text{ kg/kmol} \\ &= 19.109,0345 \text{ kg}\end{aligned}$$

Sikloheksana diperoleh dari industri yang mengandung 99,9 % Sikloheksana

$$\begin{aligned}\text{Sikloheksana} &= \frac{19.109,0345 \text{ kg}}{0,999} \\ &= 19.128,163 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga Sikloheksana (Bahan Baku)} &= 19.128,163 \text{ kg} \times \text{Rp } 15.075 / \text{Kg} \\ &= \text{Rp } 288.357.057,23\end{aligned}$$

Pendapatan yang didapatkan dengan menjual produk yang didapatkan dalam 1 jam proses :

$$\begin{aligned}\text{Harga Sikloheksanon} &= 4.680,365 \text{ Kg} \times \text{Rp } 117.250 / \text{Kg} \\ &= \text{Rp } 548.772.796,25\end{aligned}$$

Keuntungan yang didapatkan dalam 1 jam proses

$$\begin{aligned}&= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan} \\ &= \text{Rp } 548.772.796,25 - \text{Rp } 288.357.057,23 \\ &= \text{Rp } 260.415.739,03\end{aligned}$$

2.3 Pemilihan Proses

Perbandingan proses pembuatan Sikloheksanon berdasarkan kondisi operasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Matrik Pemilihan Proses

Komponen	Proses Oksidasi Sikloheksana	Proses Hidrogenasi Fenol
Reaktor	Reaktor berpengaduk	<i>Multitubular Fixed Bed Reactor</i>
Temperatur	180-350°C	229,85°C
Tekanan	7,9 – 19,7 atm	1 atm
Selektivitas	20-90%	80%
Konversi	55-90%	90%
Bahan Baku	Sikloheksana Udara	Fenol Gas Hidrogen
Katalis	<i>Metabaric Acid</i>	<i>Palladium/ MgO</i>
Keuntungan	Rp 260.415.739,03	Rp 777.431.930

Berdasarkan uraian diatas maka prarancangan pembuatan sikloheksanon menggunakan bahan baku fenol dan gas hidrogen melalui proses *hydrogenation* dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Bahan baku proses hidrogenasi fenol memiliki ketersediaan bahan baku yang banyak dan mudah didapatkan yang dihasilkan dari proses hidrogenasi sangat tinggi mencapai 90% dengan diperoleh kemurnian sikloheksanon yaitu >99,9%.
2. Konversi yang dihasilkan dari proses hidrogenasi fenol tinggi mencapai 90% sehingga bahan baku menjadi produk yang dihasilkan lebih banyak, dengan diperoleh kemurnian sikloheksanon yaitu 99,99%.
3. Kondisi operasi proses hidrogenasi fenol dianggap lebih baik dibandingkan proses lainnya dengan temperatur yang tidak terlalu tinggi dan tekanan atmosferik.
4. Produk samping dari proses hidrogenasi fenol dapat dimanfaatkan kembali dan dijual dengan harga jual yang cukup tinggi.

2.4 Uraian Proses

Secara umum, proses pembuatan sikloheksanon dibagi menjadi 2 tahap, yaitu:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Proses terpilih dalam produksi sikloheksanon adalah hidrogenasi fenol sesuai dengan US Patent no WO2016/075047 A1. Komposisi campuran bahan baku sebanyak 75%-mol hidrogen dan 25%-mol fenol. Konversi fenol pada proses ini sebesar 90% dan merupakan komponen reaksi pembatas. Bahan baku fenol dengan kadar kemurnian 99,9% disimpan dalam bentuk cair pada tangki penyimpanan fenol dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sementara itu, bahan baku hidrogen dengan kadar kemurnian 99,99% dalam bentuk gas dan disimpan dalam tangki penyimpanan hidrogen dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

2. Tahap Pembentukan Produk

Fenol dari tangki penyimpanan memasuki vaporizer untuk mengubah fasa liquid menjadi uap pada tekanan 1 atm pada temperatur 181,62°C. Keluaran vaporizer akan dicampur dengan gas hidrogen setelah itu memasuki reaktor pada temperatur 229,85°C dan tekanan 1 atm. Reaktor yang digunakan adalah jenis fixed bed multitube dengan kondisi operasi pada temperatur 229,85°C dan tekanan 1 atm. Keluaran reaktor berupa sikloheksanon, sikloheksanol, fenol, hidrogen, metan dan air. Reaksi berlangsung dalam kondisi eksotermis, sehingga dibutuhkan air pendingin. Konversi reaksi pada fenol sebesar 90% dan pada proses ini fenol merupakan komponen reaksi pembatas.

3. Tahap Pemurnian dan Pemisahan Produk

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan produk sikloheksanon dengan kemurnian 99,99%. Keluaran reaktor akan dialirkan menuju condensor parsial untuk dikondensasi hingga temperatur 154°C dan menuju flash drum. Pada flash drum fluida akan dipisahkan berdasarkan fasa cair dan fasa uap atau gas.

Top produk flash drum kemudian dilirkan menuju heater untuk dipanaskan hingga temperatur 165,17°C sebagai recycle hidrogen. Bottom product flash drum akan dialirkan menuju cooler terlebih dahulu untuk menaikkan

temperature hingga $87,02^{\circ}\text{C}$ sebelum diumpankan menuju unit pemurnian yang terdiri dari 2 menara distilasi. Distilasi pertama memisahkan komponen fenol sebagai bottom product dengan kondisi operasi tekanan atmosfer *bottom* 1 atm yang kemudian dialirkan sebagai recycle fenol menuju mix point 1. Top product berupa sikloheksanon dan sikloheksanol akan dimurnikan kembali menuju distilasi 2.

Pada distilasi 2 ini, kondisi operasi tekanan secara *vacuum* dengan tekanan pada bottom 0,2 atm dan top 0,1 atm. Top product berupa sikloheksanon diumpankan ke cooler untuk didinginkan hingga temperatur 30°C dan menuju tangki penyimpanan dengan kemurnian produk sikloheksanon yang dihasilkan 99,95%. Bottom product berupa sikloheksanol diumpankan ke cooler untuk didinginkan hingga temperatur 30°C dan menuju tangki penyimpanan dengan kemurnia produk sikloheksanon yang dihasilkan 99%.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Bahan Baku

3.1.1 Bahan Baku Utama

Bahan baku utama yang digunakan adalah phenol dan hidrogen. Berikut adalah spesifikasinya.

a. Phenol

Tabel 3.1 Data Fisik Phenol

Sifat-sifat fisis	Keterangan
Rumus molekul	C ₆ H ₅ OH
Berat molekul	94,111 kg/kgmol
Densitas	1.07 gram / m ³
Viskositas	1.49 mPa
Titik didih	181.65°C
Titik lebur	40.5°C
<i>Specific gravity</i>	1.057
Suhu Kritis	694.2°C
Titik Nyala	79°C
Kemurnian	99,9%
Impuritis	H ₂ O (0,004%)

(Sumber : Chemical Data Chemmaths ; MSDS Phenol)

b. Hidrogen

Tabel 3.2 Data Fisik Hidrogen

Sifat-sifat fisis	Keterangan
Rumus molekul	H ₂
Berat molekul	2,015 kg/kgmol
Fase	Gas
Warna	Tidak berwarna
Sifat	Larut dalam air
<i>Specific gravity</i>	0,06948 (gas) 0,0709 (cair)
Densitas gas	0,0898 gram / L
Titik didih	-252,87°C
Tekanan Kritis	12,8 atm
Suhu Kritis	-240°C
Kemurnian	99,99%
Impurities	CH ₄ (0,01%)

(Sumber : Chemical Data Chemmaths ; MSDS *Hidrogen*)

3.1.2 Bahan Baku Penunjang

Bahan baku penunjang (katalis) yang digunakan adalah palladium dan magnesium oxide. Berikut adalah spesifikasinya.

a. Palladium

Tabel 3.3 Data Fisik Palladium

Sifat-sifat fisis	Keterangan
Rumus molekul	Pd
Berat molekul	106,42 kg/kgmol
Fase	Padat
Warna	Perak Keputihan
Sifat	Menyerap hidrogen
<i>Specific gravity</i>	12,02 (pada 20°C)
Densitas gas	12,0 gram / L
Porositas	0,38
Bulk density	1,10613 g/cm ³
Umur katalis	2-5 tahun
Ukuran	Diameter = 5 mm Tinggi = 5 mm
Titik didih	2.963 °C

(Sumber : Chemical Data Chemmaths ; MSDS *Palladium*)

b. Magnesium Oxide

Tabel 3.4 Data Fisik Magnesium Oxide

Sifat-sifat fisis	Keterangan
Rumus molekul	MgO
Fase	Padat
Warna	Putih
<i>Specific gravity</i>	3,58 J/mol.K
Diameter	5 mm
Titik lebur	2800°C
Tittik Didih	3600°C
Densitas Kristal (ρ_c)	12,0200 g/ml
Porositas	0,38
Bulk density (ρ_b)	0,60 g/cm ³
Volume Bulk	1,1200 L
Umur katalis	2-5 tahun

(Sumber : Chemical Data Chemmaths ; MSDS Magnesium Oxide)

3.2 Produk

a. Sikloheksanon

Tabel 3.5 Data Fisik Sikloheksanon

Sifat-sifat fisis	Keterangan
Rumus molekul	$C_6H_{10}O$
Berat molekul	98,145 kg/kgmol
Viskositas	2.2 Cp
Densitas	947 kg/m ³
Titik didih	155.6°C
Titik Lebur	-31°C
Suhu Kritis	356°C
Kemurnian	99,95 %
Fase	Cair

(Sumber : Chemical Data Chemmaths ; MSDS *Sikloheksanon*)

b. Sikloheksanol

Tabel 3.6 Data Fisik Sikloheksanol

Sifat-sifat fisis	Keterangan
Rumus molekul	$C_6H_{12}O$
Berat molekul	106,161 kg/kgmol
Viskositas	4,6 Cp
Densitas	779 kg/m ³
Titik didih	161,1°C
Titik Lebur	6,47°C
Suhu Kritis	243,1°C
Tekanan Kritis	0,15 kPa
Kemurnian	99 %
Fase	Cair

(Sumber : Chemical Data Chemmaths ; MSDS *Sikloheksanol*)

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Sikloheksan dengan kapasitas 60.000 ton per tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 32 %.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,09 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 46% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 30 %, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 46,27%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini daripada ke bank

10.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik Sikloheksan dengan kapasitas 60.000 ton per tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2025. Daftar Harga Bahan Baku dan Produk. www.alibaba.com, diakses pada 18 November 2025.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Statistic Indonesia*. www.bps.go.id. Indonesia. Diakses pada 6 Maret 2025.
- Brownell.L.E. and Young.E.H., 1959, *Process Equipment Design 3^{ed}*, John Wiley & Sons, New York.
- Coulson.J.M. and Ricardson.J.F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Evans, Frank L. 1980. *Equipment Design Handbook*, 2nd. Ed. Gulf Publishing Company, Texas.
- 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 3^{th ed}*, 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.
- Levenspiel, O, 1999, “*Chemical Reaction Engineering*”, 3rd edition. John Wilwy and Sons, New York.
- Mashkin, Viktor Yu, Valerii M. Kudenkoov, Anna V. Mashkina. 1995. “*Kinetics of the catalytic reaction between methanol and hydrogen sulfide*”. *Industrial & engineering chemistry research*, 34(9), 2964-2970.
- Matches. 2025, *Process Equipment Cost*, www.matches.com, diakses pada 20 November 2025.

- McCabe.W.L. and Smith.J.C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- Perry.R.H. and Green.D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7th^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peter.M.S. and Timmerhause.K.D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3^{ed}*, McGraww-Hill Book Company, New York.
- Smith.J.M. and Van Ness.H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3^{ed}*, McGraww-Hill Inc, New York.
- The Engineering Toolbox.2025,*Bolts Measurement*,
www.theengineeringtoolbox.com, diakses pada 3 Oktober 2025.
- Towler, G., & Sinnott, R., 2008, “*Chemical Engineering Design*”, Elsevier Inc, Cambridge, United States.
- Treyball.R.E., 1983, *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Ulmann, 2005. “*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.
- Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co., New