

**SKRIPSI**

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN SIKLOHEKSANON  
KAPASITAS 41.000 TON/TAHUN**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Kimia  
pada  
Universitas Sriwijaya**



**Cindy Putri Kasih Yuni Elpratipta**

NIM 03031381621077

**Wahyuni Apriyani**

NIM 03031381621093

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN SIKLOHEKSANON**  
**KAPASITAS 41.000 TON PER TAHUN**

**SKRIPSI**  
Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh:  
Cindy Putri Kasih  
03031381621077

Wahyuni Apriyani  
03031381621093

Palembang, Agustus 2020  
Pembimbing,



Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, M.Sc  
NIP. 196108121987031003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Sikloksanon Kapasitas 41.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan **Cindy Putri Kasih Yuni Elpratipta dan Wahyuni Apriyani** di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Agustus 2020.

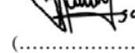
Palembang, 14 Agustus 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Ir. H. Syaiful, DEA.  
NIP. 195810031986031003

()

2. Novia, ST.MT.,Ph.D  
NIP. 197311052000032003

()

3. Elda Melwita, ST, MT, Ph.D.  
NIP. 197505112000122001

()

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

**LEMBAR PERBAIKAN**

Dengan ini menyatakan bahwa :

**Cindy Putri Kasih Yuni E.** (03031381621077)

**Wahyuni Apriyani** (03031381621093)

Judul:

**“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN SIKLOHEKSANON  
KAPASITAS 41.000 TON/TAHUN”**

Mahasiswa tersebut telah melakukan perbaikan yang diberikan Dosen Penguji dalam sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Agustus 2020.

Tim Penguji,

1. Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
2. Novia, S. T., M. T., Ph. D.
3. Elda Melwita, ST, MT, Ph.D

Palembang, Agustus 2020  
Mengetahui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, M. Sc  
NIP.196108121987031003

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cindy Putri Kasih  
NIM : 03031381621077  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan *Sikloheksanon*  
Kapasitas 41.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Wahyuni Aprivani didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Agustus 2020



Cindy Putri Kasih

NIM. 03031381621093



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyuni Apriyani  
NIM : 03031381621093  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan *Sikloheksanon*  
Kapasitas 41.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Cindy Putri Kasih didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Agustus 2020



Wahyuni Apriyani

NIM. 03031381621093



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Sikloheksanon Kapasitas 41.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya sebagai salah satu syarat kurikulum tingkat Sarjana Strata Satu (S1)

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik atas bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, yang dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

- 1) Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, M,Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
- 2) Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S. T., M. T., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Orang tua dan teman-teman yang telah memberikan doa, motivasi, saran, serta dukungan yang terbaik sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar.

Penulis berharap tugas akhir ini agar dapat memberikan gambaran mengenai perancangan pabrik, serta dapat dijadikan sebagai referensi ilmu pengetahuan.

Palembang, Agustus 2020

Penulis

## ABSTRAK

Pra rancangan pabrik pembuatan Sikloheksanon dengan kapasitas produksi 41.000 ton/tahun direncanakan berdiri pada tahun 2025 di wilayah Gresik, Jawa Timur, yang diperkirakan memiliki luas area 4 Ha. Bahan baku dari pembuatan sikloheksanon ini adalah fenol dan hidrogen. Proses pembuatan Sikloheksanon mengacu pada US Patent 2016/0046553 A1, dimana metode proses yang digunakan merupakan proses hidrogenasi antara fenol dan hidrogen yang akan menghasilkan sikloheksanon pada temperatur 194°C pada tekanan 1,4atm. Reaksi berlangsung pada satu unit reaktor dengan jenis *multitubular fixed bed reactor* dengan katalis Palladium-Alumina.

Pabrik ini akan didirikan dengan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff*, yang dipimpin oleh seorang direktur utama dengan total karyawan 165 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik Sikloheksanon ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut:

- Investasi = US\$ 83.362.710
- Hasil penjualan per tahun = US\$ 849.170.086
- Biaya produksi per tahun = US\$ 785.174.305
- Laba bersih per tahun = US\$ 44.797.047
- *Pay Out Time* = 2 tahun
- *Rate of Return* = 84,841%
- *Discounted Cash Flow-ROR* = 49,97%
- *Break Even Point* = 36,49%
- *Service Life* = 11 tahun

**Kata Kunci :** Hidrogenasi, Fenol, Hidrogen, Sikloheksanon, *Multitubular Fixed Bed Reactor* Analisa Ekonomi

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Svalful, DEA  
NIP. 195810031986031003

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing TA



Prof. Dr. Ir. Muhammad Sald, M. Sc  
NIP. 196108121987031003

## Daftar Isi

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>Daftar Isi.....</b>	<b>ix</b>
<b>Daftar Gambar .....</b>	<b>xiv</b>
<b>Daftar Tabel.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>2</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.Latar Belakang .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.Sejarah Perkembangan Pembuatan Sikloheksanon .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.Tujuan Pendirian Pabrik.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4.Macam Macam Proses Pembuatan Sikloheksanon.....</b>	<b>2</b>
<b>1.5.Sifat-sifat Fisik dan Kimia.....</b>	<b>3</b>
<b>BAB II.....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>PERENCANAAN PABRIK .....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>2.1.Alasan Pendirian Pabrik.....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>2.2.Pemilihan Kapasitas Produksi .....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>2.3.Pemilihan Bahan Baku.....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>2.4.PEMILIHAN PROSES .....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>2.5.Uraian Proses .....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>BAB III .....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>LOKASI DAN LETAK PABRIK.....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>3.1.Lokasi Pabrik.....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>3.1.1.Ketersediaan Bahan Baku.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.1.2. Transportasi dan Pemasaran .....	Error! Bookmark not defined.
3.1.3. Utilitas .....	Error! Bookmark not defined.
3.1.4. Ketenagakerjaan .....	Error! Bookmark not defined.
3.1.5. Keadaan Iklim .....	Error! Bookmark not defined.
<b>3.2. Tata Letak Pabrik .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>3.3. Perkiraan Luas Tanah .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB IV .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.1. NERACA MASSA .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.1.1. Neraca Massa Vaporizer-01 (VP-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.1.2. Neraca Massa Reaktor-01 (R-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.1.3. Neraca Massa Knock Out Drum-01 (KOD-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.1.4. Neraca Massa Kolom Destilasi-01 (KD-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.1.5. Neraca Massa Condensor-01 (CD-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.1.6. Neraca Massa Reboiler-01 (RB-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2. NERACA PANAS .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2.1. Neraca Panas Heater-01 (H-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2.2. Neraca Panas Vaporizer-01 (V-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2.3. Neraca Panas Reaktor-01 (R-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2.4. Neraca Panas Cooler -01 (C-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2.5. Neraca Panas Knock Out Drum-01 (KOD-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2.6. Neraca Panas Heater-02 (H-02) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2.7. Neraca Panas Kolom Destilasi-01 (KD-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2.8. Neraca Panas Condenser-01 (CD-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2.9. Neraca Panas Reboiler-01 (RB-01) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2.10. Neraca Panas Cooler -02 (C-02) .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>UTILITAS .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

<b>5.1. Unit Pengadaan Air</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>5.2. Unit Pengadaan Steam</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>5.3. Unit Pengadaan Listrik</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>BAB VI</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>SPESIFIKASI PERALATAN</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>6.1 TANGKI-01 (T-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.2. TANGKI-02 (T-02)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.3. TANGKI-03 (T-03)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.4. TANGKI-04 (T-04)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.5. EXPANDER-01 (EXP-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.6. COOLER-01 (C-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.7. COOLER-02 (C-02)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.8. VAPORIZER-01 (VP-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.9. HEATER-01 (H-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.10. HEATER-02 (H-02)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.11. CONDENSOR-01 (CD-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.12. REBOILER-01 (RB-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.13. ACCUMULATOR-01 (ACC-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.14. KNOCK-OUT DRUM-01 (KOD-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.15. REAKTOR-01 (R-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.16. KOLOM DESTILASI-01 (KD-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.17. POMPA-01 (P-01)</b> .....	Error! Bookmark not defined.

<b>6.18. POMPA-02 (P-02)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.19. POMPA-03 (P-03)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>6.20. POMPA-04 (P-04)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>BAB VII</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>ORGANISASI PERUSAHAAN</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>7.1.Bentuk Perusahaan</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>7.2.Struktur Organisasi</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>7.3.Tugas dan Wewenang</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>7.4.Sistem Kerja</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>7.5.Penentuan Jumlah Karyawan</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>BAB VIII</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>PERHITUNGAN EKONOMI</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>8.1.MENENTUKAN INDEKS HARGA</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>8.2.PERHITUNGAN BIAYA PERALATAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>8.3.PERHITUNGAN BIAYA</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>8.4.PERHITUNGAN BIAYA OPERATING LABOR</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>8.5.PERHITUNGAN TOTAL CAPITAL INVESTMENT (TCI)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
defined.	
<b>8.6.Perhitungan Annual Cash Flow (ACF)</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>8.7.Lama Waktu Pengembalian Hutang</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>BAB IX</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>KESIMPULAN</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
<b>LAMPIRAN I</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>

<b>LAMPIRAN IV</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>PERHITUNGAN EKONOMI</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>8.8.MENENTUKAN INDEKS HARGA</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>8.9.PERHITUNGAN BIAYA PERALATAN</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>8.10.PERHITUNGAN BIAYA</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>8.11.PERHITUNGAN BIAYA OPERATING LABOR</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>8.12.PERHITUNGAN TOTAL CAPITAL INVESTMENT (TCI) ....</b>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
defined.	
<b>8.13.Perhitungan Annual Cash Flow (ACF)</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>8.14.Lama Waktu Pengembalian Hutang</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>

## Daftar Gambar

<b>Gambar 1.1.</b> Blok Diagram Metode Produksi sikloheksanon.....	12
<b>Gambar 2.1.</b> Kebutuhan Sikloheksanon Di Indonesia.....	17
<b>Gambar 3.1.</b> Peta Kabupaten Gresik.....	21
<b>Gambar 3.2.</b> Area Pendirian Pabrik .....	22
<b>Gambar 3.3.</b> Perencanaan Tata Letak Peralatan Proses.....	24
<b>Gambar 3.4.</b> Perencanaan Tata Letak Pabrik .....	25
<b>Gambar 7.1.</b> Struktur Organisasi Perusahaan .....	69

## Daftar Tabel

<b>Tabel 2.1.</b> Kebutuhan Sikloheksanon Indonesia .....	16
<b>Tabel 5.1.</b> Total Kebutuhan Bahan Penunjang di Unit Utilitas .....	26
<b>Tabel 5.2.</b> Kebutuhan <i>Saturated Steam</i> 200 °C .....	30
<b>Tabel 5.3.</b> Kebutuhan Listrik Peralatan .....	30
<b>Tabel 7.1.</b> Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift .....	56
<b>Tabel 7.2.</b> Jumlah Karyawan .....	58
<b>Tabel 8.1.</b> Indeks Harga Tahun 2010-2019 .....	63
<b>Tabel 8.2.</b> Indeks Harga Tahun 2020-2025 .....	64
<b>Tabel 8.3.</b> Harga Alat Tahun 2014 .....	65
<b>Tabel 8.4.</b> Daftar Harga Peralatan Tahun 2025 .....	70
<b>Tabel 8.5.</b> Kurs Beli .....	73
<b>Tabel 8.6.</b> Harga Tanah Tahun 2015-2020 .....	74
<b>Tabel 8.7.</b> Harga Bangunan Tahun 2015-2020 .....	75
<b>Tabel 8.8.</b> <i>Operating Labor Cost</i> .....	76
<b>Tabel 8.9.</b> Angsuran pembayaran pinjaman dan bunga .....	81
<b>Tabel 8.10.</b> Kesimpulan Analisa Ekonomi .....	82

## DAFTAR NOTASI

### 1. TANKI

- C : Tebal korosi yang diizinkan, m  
D<sub>T</sub> : Diameter tangki, m  
E<sub>j</sub> : Efisiensi penyambungan, dimensionless (*Joint Efficiency*)  
H<sub>s</sub> : Tinggi silinder, m  
H<sub>T</sub> : Tinggi tangki, m  
h : Tinggi head, m  
P : Tekanan operasi, atm  
S : *Working stress* yang diizinkan, atm  
t : Tebal dinding tangki, m  
V<sub>s</sub> : Volume silinder, m<sup>3</sup>  
V<sub>e</sub> : Volume elipsoidal, m<sup>3</sup>  
V<sub>t</sub> : Volume tangki, m<sup>3</sup>

### 2. POMPA

- A : Area alir pipa, in<sup>2</sup>  
D<sub>opt</sub> : Diameter optimum pipa, in  
f : Faktor friksi  
g : Percepatan gravitasi, ft/s<sup>2</sup>  
g<sub>c</sub> : Konstanta percepatan gravitasi, ft/s<sup>2</sup>  
H<sub>f</sub> : Total friksi, ft  
H<sub>fs</sub> : Friksi pada permukaan pipa, ft  
H<sub>fc</sub> : Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft  
H<sub>fe</sub> : Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft  
H<sub>ff</sub> : Friksi karena *fitting* dan *valve*, ft  
H<sub>d</sub>, H<sub>s</sub> : *Head discharge, suction*, ft  
ID : *Inside diameter*, in

OD : *Outside diameter*, in  
 Kc, Ke : Contaction, ekspansion contraction, ft  
 L : Panjang pipa, m  
 Le : Panjang ekuivalen pipa, m  
 Pvp : Tekanan uap, psi  
 Qf : Laju alir volumetrik, ft<sup>3</sup>/s  
 Re : *Reynold Number*, dimensionless  
 A : *Cross section area up stream, down stream*, ft<sup>2</sup>  
 V : Kecepatan aliran, ft<sup>3</sup>/s  
 Vf : Volume fluida, lb/jam  
 BHP : *Brake Horse Power*, HP  
 MHP : *Motor Horse Power*, HP  
 ε : *Equivalent roughness*, ft  
 μ : Viskositas, kg/m.hr  
 ρ : Densitas, kg/m<sup>3</sup>

### 3. EXPANDER

m : Laju alir massa (kg/jam)  
 P<sub>IN</sub> : Tekanan masuk, atm  
 P<sub>OUT</sub> : Tekanan keluar, atm  
 f : *Safety factor*, %  
 T<sub>1</sub> : Temperatur masuk *expander*, °C  
 T<sub>2</sub> : Temperatur keluar *expander*, °C  
 Hp : *Power*, HP  
 Q : Laju alir volumetrik, ft<sup>3</sup>/min  
 W : Laju alir massa, lb/jam  
 ρ : Densitas, kg/m<sup>3</sup>  
 Cv : Kapasitas panas volume konstan (J/mol K)  
 k : Rasio Cp dan Cv

#### 4. HEAT EXCHANGER (HEATER, CONDENSOR, REBOILER, COOLER, VAPORIZER)

- A : Area perpindahan panas,  $\text{ft}^2$
- $a_a, a_p$  : Area alir pada annulus, inner pipe,  $\text{ft}^2$
- $a_s, a_t$  : Area alir pada sheel, tube,  $\text{ft}^2$
- $a''$  : External surface per in feet,  $\text{ft}^2/\text{in ft}$
- B : Baffle spacing, in
- C : Clearance
- D : Diameter dalam tube, in
- $D_e$  : Diameter ekivalen, in
- F : Faktor friksi,  $\text{ft}^2/\text{in}^2$
- $G_a$  : Kecepatan alir massa fluida dalam annulus,  $\text{lb/hr ft}^2$
- $G_p$  : Kecepatan alir massa fluida dalam inner pipe,  $\text{lb/hr ft}^2$
- $G_s$  : Kecepatan alir massa fluida dalam sheel,  $\text{lb/hr ft}^2$
- $G_t$  : Kecepatan alir massa fluida dalam tube,  $\text{lb/hr ft}^2$
- g : Percepatan gravitasi
- h : Koefisien perpindahan panas,  $\text{Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$
- $h_i, h_o$  : Koefisien perpindahan panas fluida di dalam dan luar tube,  $\text{Btu/hr}$
- ID : Diameter dalam, ft
- OD : Diameter luar, ft
- jH : Faktor perpindahan panas
- k : Konduktivitas thermal,  $\text{Btu/hr. ft}^2 \text{ } (^\circ\text{F}/\text{ft})$
- L : Panjang tube, ft
- LMTD : Logaritma Mean Temperatur Difference,  $^\circ\text{F}$
- $N_t$  : Jumlah tube
- $P_t$  : Tube pitch, in
- $\Delta P_r$  : Return drop sheel, psi
- $\Delta P_s$  : Penurunan tekanan pada sheel, psi
- $\Delta P_t$  : Penurunan tekanan pada tube, psi

$\Delta P_T$	: Pressure drop total pada tube, psi
$Q$	: Beban panas pada heat exchanger, Btu/hr
$R_d$	: Dirt factor, Btu/hr.ft <sup>2</sup> °F
$R_e$	: Reynold number, dimensionless
$S$	: Specific gravity
$T_1, T_2$	: Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
$t_1, t_2$	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
$T_c$	: Temperatur fluida panas rata – rata, °F
$t_c$	: Temperatur rata – rata fluida dingin, °F
$U_c, U_D$	: Clear overall coefficient, design overall coefficient, Btu/hr. ft <sup>2</sup> °F
$W$	: Kecepatan alir fluida panas, lb/hr
$w$	: Kecepatan alir fluida dingin, lb/hr
$\mu$	: Viskkositas, cp
$\rho$	: Densitas, lb/ft <sup>3</sup>

## 5. REAKTOR

$C$	: Tebal korosi yang diizinkan, m
$D_r$	: Diameter reaktor, m
$E$	: Energi Aktivasi, kkal/mol
$F_{ao}$	: Laju alir umpan, kmol/jam
$H_b$	: Tinggi bed, m
$H_H$	: Tinggi head, m
$H_R$	: Tinggi reaktor, m
$ID$	: inside diameter, in
$K$	: Konstanta kecepatan reaksi
$k_b$	: Koonstanta Boltsman, m <sup>2</sup> .kg/s <sup>2</sup> .K
$k_c$	: Koefisien transfer massa katalis
$K_g$	: Koefisien transfer massa reaktan ke permukaan katalis
$k_o$	: Konstanta global rate

M	: Berat molekul, g/mol
N	: Bilangan Avogadro, mol <sup>-1</sup>
OD	: Outside diameter, in
Pt	: Tekanan operasi, atm
q	: Laju volumetric, m <sup>3</sup> /s
R	: Konstanta gas, kkal/mol K
rA	: Laju reaksi
S	: Working stress yang diizinkan, atm
t	: Tebal dinding reaktor, mm
T	: Temperatur, K
U	: Superficial velocity, m/s
Ur	: Koefisien perpindahan panas, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F
Vk	: Volume katalis, m <sup>3</sup>
Vr	: Volume reaktor, m <sup>3</sup>
W	: Laju aliran massa, kg/jam
Wk	: Berat katalis, Kg
X	: Persen konversi
ε	: Void fraksi, tidak berdimensi
s	: Konstanta Lennard-Jones, A <sup>o</sup>
Φ	: Porositas partikel katalis, tidak berdimensi
μ	: Viskositas, kg/m.hr
η	: Effectiveness factor
t	: Waktu tinggal, s

## 6. KOLOM DISTILASI

A	: Relative velocity
Aa	: Active area, m <sup>2</sup>
Ad	: Downcomer area, m <sup>2</sup>
Ah	: Hole area, m <sup>2</sup>

C : Allowable corrosion, m  
D : Diameter tanki, m  
Dc : Diameter kolom, m  
dh : Diameter hole, mm  
H : Tinggi kolom, m  
hw : Weir height, mm  
Lw : Weir length, m  
Nm : Jumlah tray minimum  
R : Reflux ratio  
RM : Reflux minimum  
SS : Stage umpan  
Vd : Downcomer velocity  
 $\Psi$  : Fractional entrainment  
 $\Delta P$  : Pressure drop, Psi

## 7. AKUMULATOR

C : Allowable corrosion, m  
E : Efisiensi pengelasan, dimensionless  
ID, OD: Diameter dalam, Diameter luar, m  
L : Panjang accumulator, m  
P : Tekanan operasi, atm  
S : Working stress yang diizinkan, atm  
T : Temperatur operasi, K  
t : Tebal dinding accumulator, m  
V : Volume total, m<sup>3</sup>  
Vs : Volume silinder, m<sup>3</sup>  
 $\rho$  : Densitas, kg/m<sup>3</sup>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia dalam proporsi ekonominya dapat dikategorikan sebagai sebuah negara industri. Pasalnya, sektor industri merupakan kontributor terbesar bagi perekonomian nasional dengan sumbangannya mencapai lebih dari 20 persen. Sebagai negara yang sedang meningkatkan sektor industri kimia maka pembangunan suatu industri kimia merupakan salah satu indikator perkembangan ekonomi di Indonesia. Menurut UN comtrade (*International Trade Statistics Database*) Indonesia merupakan salah satu negara yang hingga saat ini masih melakukan impor terhadap sikloheksanon. Kebutuhan Indonesia terhadap senyawa sikloheksanon cenderung meningkat terhitung dari tahun 2013-2017.

Salah satu industri kimia yang perlu dikembangkan di Indonesia ialah pabrik sikloheksanon, karena belum terdapatnya pabrik kimia yang menghasilkan sikloheksanon. Sehingga, urgensi untuk mendirikan pabrik sikloheksanon di Indonesia sangat tinggi untuk mengurangi kebutuhan import sikloheksanon, dan juga pabrik sikloheksanon ini menggunakan bahan baku didalam negeri. Oleh karena itu, pembangunan pabrik sikloheksanon di Indonesia akan memberikan keuntungan ekonomi.

Sebagian besar sikloheksanon digunakan dalam produksi kaprolaktam (*intermediate product* proses produksi *nylon 6*), yang merupakan perantara dalam pembuatan nilon 6. Selain itu, sikloheksanon dapat digunakan sebagai pelarut industri atau sebagai aktivator dalam reaksi oksidasi dan sebagai intermediet yang dapat digunakan untuk produksi sikloheksanon resin.

Berdasarkan berbagai macam kegunaan dari sikloheksanon tersebut, maka kebutuhan akan sikloheksanon akan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Berdasarkan import yang terus dilakukan Indonesia terhadap sikloheksanon tersebut dapat dikatakan bahwa pendirian pabrik sikloheksanon di Indonesia memiliki potensi untuk terus mengalami peningkatan dan perkembangan bahkan dapat memonopoli pasar, mengingat terdapat beberapa negara yang juga melakukan kegiatan import sikloheksanon dalam jumlah besar.

## **1.2. Sejarah Perkembangan Pembuatan Sikloheksanon**

Pada tahun 1930 adalah produksi sikloheksanon pertama dimulai untuk skala industri, secara komersial digunakan untuk produksi kaprolaktam dan nilon 6. Sejak saat itu volume produksi sikloheksanon telah berkembang dan saat ini produksi tahunan dari sikloheksanon. Sudah lebih dari 6 juta ton. Dengan skala industri tingkat produksi sikloheksanon minimal 1.000 kg/jam, bahkan mencapai 10.000 kg sikloheksanon per jam.

Sikloheksanon dibuat secara konvensional dari fenol dengan hidrogenasi katalitik dalam reaktor hidrogenasi fenol, misalnya menggunakan katalis platinum atau paladium. Reaksi dapat dilakukan dalam fase cair atau fase uap. [Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, misalnya 3rd Edition, Vol. 7 (1979) hal. 410-416; I. Dodgson et al. "Fenol Biaya rendah untuk Cyclohexanone Proses", Kimia & Industri, 18, Desember 1989, hlm. 830-833; atau M T. Musser "sikloheksanol dan Cyclohexanone", Ullmann Encyclopedia of Kimia Industri (7th Edition, 2007), (selanjutnya disebut "Musser").

## **1.3. Tujuan Pendirian Pabrik**

Tujuan dari pendirian pabrik sikloheksanon di Indonesia adalah :

1. Mampu memenuhi kebutuhan Indonesia terhadap sikloheksanon, sehingga dengan pendirian pabrik sikloheksanon di Indonesia tersebut diharapkan dapat mengurangi import.
2. Mampu menciptakan lapangan pekerjaan.
3. Meningkatkan pendapatan Negara

## **1.4. Macam Macam Proses Pembuatan Sikloheksanon**

Beberapa metode pembuatan Sikloheksanon yang telah digunakan :

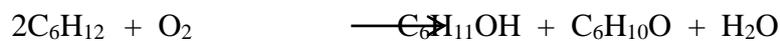
1. Reaksi antara Anilin atau Nitrobenzene dengan Air  
Reaksi amina, salah satunya anilin, dengan air menggunakan katalis hidrogenasi dapat menghasilkan sikloheksanon. Proporsi sikloheksanon meningkat dengan mengatur kondisi hidrogenasi tanpa hidrogen. Dengan proses satu tahap, menghasilkan produk sikloheksanol, sebagian kecil sikloheksanon, dan seperempat bagiannya adalah amina. Reaksi berlangsung pada suhu 200-280°C.

## 2. Reaksi Oksidasi Katalitik

Sikloheksanon dan sikloheksanol dihasilkan melalui oksidasi katalitik sikloheksan. Campuran antara sikloheksanon dan sikloheksanol disebut minyak KA. Minyak KA selanjutnya dapat digunakan untuk produksi asam adipat dan heksametilena diamina, yaitu zat antara dalam pembuatan nylon-6,6 (Considine, 1974).

## 3. Oksidasi Sikloheksan

Reaksi :



Sikloheksan      Oksigen                      Sikloheksanol      Sikloheksanon      Air

Oksidasi sikloheksan dilakukan dengan mereaksikan sikloheksan dengan Oksigen menggunakan katalis asam boric. Reaksi ini akan menghasilkan campuran Sikloheksanon-sikloheksanol yang disebut KA-Oil. Konversi dari proses ini adalah dibawah 10%.

## 4. Hidrogenasi Fenol

Proses hidrogenasi fenol menghasilkan produk yaitu sikloheksanon. Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah fenol dan gas hydrogen. Berikut reaksi yang terjadi:



Fenol                      Hidrogen              Sikloheksanon

Proses ini melalui tahap hidrogenasi fenol dalam reaktor *mutitubular fixed bed* dengan adanya bantuan katalis, tahap pemurnian dengan menggunakan satu kolom destilasi destilasi.

## 1.5. Sifat-sifat Fisik dan Kimia

### 1.5.1. Fenol

Rumus Molekul	: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Berat Molekul	: 94,113 g/mol
Warna	: Tanpa warna hingga merah muda terang
Normal Boiling Point	: 181,667°C
Melting Point	: 40,555°C

Temperatur Kritis	: 694,2°C
Tekanan Kritis	: 889,081 psia
Volume Kritis	: 3,668 ft <sup>3</sup> /lbmol
Specific Gravity	: 1,057 ( <i>water</i> =1)
Panas Penguapan	: 19607,22 Btu/lbmol
Densitas Uap	: 3,24 ( Udara = 1)
Kelarutan	: Mudah larut didalam metanol, dietil eter. Larut didalam air dingin, aseton. Sangat larut di dalam alkohol, kloroform, gliserol, petroleun, karbon disulfida, <i>volatile</i> dan <i>fixed oil</i> , karbon tetraklorida, asam asetat, sulfur dioksida liquid. Hamir tidak larut di dalam <i>petroleum ether</i> dan sedikit larut di <i>mineral oil</i> .

(*Material Safety Data Sheet Fenol* MSDS, 2013)

### 1.5.2. Hidrogen

Rumus Molekul	: H <sub>2</sub>
Warna	: Tanpa Warna
Bau	: Tanpa Bau
Berat Molekul	: 2,016 g/mol
Normal Boiling Point	: -252,222°C
Melting Point	: -258,88°C
Temperatur Kritis	: -239,444°C
Tekanan Kritis	: 187,961 psi
Volume Kritis	: 1,041 ft <sup>3</sup> /lbmol
Specific Gravity	: 0,07 (Udara=1)
Densitas Uap	: 0,0052 lb/ft <sup>3</sup>
Densitas Liquid	: 4,43 lb/ft <sup>3</sup>
Kelarutan dalam air	: 0,19 (Vol/vol pada 15,6 °C, 1 atm)
Flamabilitas	: Flamabel
Panas Penguapan	: 388,546 Btu/lbmol

(*Praxair Safety Data Sheet Fenol*, 2007)

### 1.5.3. Nitrogen

Rumus Molekul	: N <sub>2</sub>
Warna	: Tidak Berwarna
$\Delta H^{\circ}_{f \text{ gas}}$	: 0 kJ/mol
$C_{p, \text{ gas}}$	: 29,0699 J/mol K (pada 25°C)
Berat Molekul	: 28 g/mol
Melting Point	: -210°C
Boiling Point	: -195,8°C
Temperatur kritis	: -149,9°C
Tekanan Kristis	: 3390 kPa
Berat Jenis	: 1,16 kg/m <sup>3</sup>
Densitas uap	: 0,97
Kelarutan dalam air	: 20 mg/l
Flamabilitas	: Non Flamabel

(Air Liquide *Safety Data Sheet Nitrogen*, 2018)

### 1.5.4. Sikloheksanon

Rumus Molekul	: C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O
Warna	: Tanpa Warna
Berat Molekul	: 98,145 g/mol
Normal Boiling Point	: 155,556°C
Melting Point	: -31,111°C
Temperatur Kritis	: 355,556°C
Tekanan Kritis	: 558,453 psia (37,99 atm)
Volume Kritis	: 4,981 ft <sup>3</sup> /lbmol
Specific Gravity	: 0,9478 ( <i>water = 1</i> )
Tekanan uap	: 0,7 kPa (0,006 atm)
Densitas uap	: 3,4 (Udara=1)
Odor Threshold	: 0,88 ppm
Panas Penguapan	: 17088,86 Btu/lbmol
Kelarutan	: Larut di dalam dietil eter, aseton. Larut sebagian dalam air dingin, air hangat. Kelarutan didalam air

150 g/L pada suhu 10°C; 50 g/L pada suhu 30°C.

Larut dalam alkohol dan pelarut organik lainnya.

*(Material Safety Data Sheet Cyclohexanone MSDS, 2013)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Assetworks. 2013. *Useful Life and Depreciation*. Weinheim: John Wiley and Sons.
- Avantor Performance Material, I. (2011). *Material Safety Data Sheet*. [http://avantormaterials.com/documents/MSDS/usa/English/N4530\\_msds\\_us\\_Default.pdf](http://avantormaterials.com/documents/MSDS/usa/English/N4530_msds_us_Default.pdf): diakses tanggal 3 Desember 2018.
- Badan Pusat Statistik. 1999. *Data Impor Sikloheksanon Indonesia*. Jakarta: BPS, Departemen Perindustrian dan Perdagangan RI.
- Bank Indonesia. 2019. *Suku Bunga Penjaminan*. (Online). <https://www.bi.go.id/id/moneter/suku-bunga-penjaminan/Contents/Default.aspx>. (Diakses pada Tanggal 8 Juni 2020).
- Banuaji, P. 2016. *Perencanaan Tata Letak Pabrik*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Chien-HsienLi, Hung-LungChen, dan Ming-SyunYang. 2018. *Method For Preparing Cyclohexanone By Hydrogenating Phenol*. US. 10,023,515 B2. 17 Juli 2018.
- CEPCI. 2017. *Chemical Engineering Plant Cost Index*. <https://cepci.co.id>: diakses pada tanggal 5 Januari 2019.
- Coulson and Richardson. 2005. *Chemical Engineering Volume 6, 4<sup>th</sup> Edition*. Elsevier: Butterworth – Heinemann.
- Dimian, A dan Bildea, C. 2008. *Chemical Process Design*. weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.
- Fan, L., Zhang, L., Shen, Y., Liu, D., Wahab, N., Hasan, M. 2016. Liquid Phase Hydrogenation of Phenol to Cyclohexanone Over Supported Palladium Catalysts. *Bcrec*. 11(3) : 354-362
- Fogler, S. H. 2004. *Element of Chemical Reaction Engineering 3<sup>rd</sup> Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

- Galvagno, S. 1991, Hydrogenation of Phenol to Cyclohexanone Over Pd/MgO. *J. Chem. tech. Biotechnol.* 51:145-153
- Giraldo, L., Barranco, M., and Carlos, J. 2014. Vapour Phase Hydrogenation of Phenol Over Rhodium on SBA-15 and SBA-16. *Mol. 19* : 20594-20612
- Ismail, S. (1999). *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Jatimprov.go.id. 2013. *Kabupaten Gresik*. (Online).  
<http://bappeda.jatimprov.go.id/bappeda/wp-content/uploads/potensi-kab-kota-2013/kab-gresik-2013.pdf>.  
(Diakses pada 18 Juni 2020).
- Joey. 2013. *Konsep Dasar tentang Desain Pabrik*. Bandung: Universitas Komputer Indonesia.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Kirk-Othmer. (1991). *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley & Sons.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Matches Engineering. 2017. *Equipment Cost*. (Online). [www.matche.com](http://www.matche.com).  
(Diakses pada 5 Juni 2020).
- Matsuura, A., Higashiosaka, O., Watanabe, T., and Khisiwada, O. *Process For Producing Cyclohexanone Compoun*. US 2016/0046553 A1. 18 Feb 2016.
- Pemerintah Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur Indonesia. 2016. *Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kabupaten Gresik 2010-2030*. (Online).  
<http://gresikkab.go.id/media/c0e09c4135e6a8d0b126baa6e331dff6.pdf>.  
(Diakses pada 18 Juni 2019).
- Peraturan Pemerintah No. 26 Tahun 2010. Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional Kabupaten Gresik Tahun 2010-2030.
- Perry, R. H., and Green, D. 1997. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw-Hill Book Company.

- Peter, M. S., and Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 4<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw-Hill International Book Co.
- Peters Chemical. 2014. Harga Alat . (Online) [www.mhhe.com/engcs/chemical/peters/data/ce.html](http://www.mhhe.com/engcs/chemical/peters/data/ce.html)
- Richardson, J. F., Harker, J. H., dan Backhurst, J. R. 2002. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering 5<sup>th</sup> Edition, Volume 2: Particle Technology & Separation Processes*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6<sup>th</sup> Edition*. Singapore: McGraw-Hill.
- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4<sup>th</sup> Edition, Volume 6*. (Hal. 322: Heat Capacities of the Element). Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Talukdar, A. K., and Bhattacharyya, K. G. 1993. hydrogenation of Phenol Over Supported Platinum and Palladium Catalysts. *Appl. Catal. A*(96) : 229-239
- Thomas, J., Tinge, Daguene, Corinne, Verschuren, Irins, Martens, W. Rudolf., dan R. Wilhelmus. 2016. *Process for the Production of Cyclohexanone from Phenol*. US 2018/ 0290955 A1. 11 Oct 2016.
- Tinge, J dan I. Verschuren. 2017. *A Process for Revamping A Plant For The Production of Cyclohexanone*. US Patent 2017/ 0368473 A1. 28 Desember 2017.
- Treyball, R. E. 2005. *Mass Transfer Operation, 3<sup>rd</sup> Edition*. Rhode Island: McGraw-Hill Book Co.
- Ulfah, N. 2015. *Sistem Pengendalian Manajemen*. (Online). [https://www.academia.edu/17207416/Jenis-jenis\\_struktur\\_organisasi](https://www.academia.edu/17207416/Jenis-jenis_struktur_organisasi). (Diakses pada Tanggal (7 Juni 2020).
- Vataruk, W. M., Hall, R. S., dan Matley, J. 2002. Updating the CE Plant Costs. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 95, Hal. 66.
- Vibrandt, F. C., & Dryden, C. E. (1959). *Chemical Engineering Plant Design* (4th ed., Vol. IV). New York: McGraw-Hill International Edition.

- Yaws, C. L. 2005. *Chemical Properties Handbook*. Texas: McGraw-Hill Book.
- Zhong. 2014. Selective Hydrogenation of Phenol and Related Derivatives. *Catal. Sci. Technol.* 4(1) : 3555-3569.