

**PRA RANCANGAN PABRIK
PEMBUATAN CYCLOHEXANE DIMETHANOL
KAPASITAS 14.400 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan
gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh

MEDIAS INDAH MONICA SARI 03031181621018

ADHE MUHAMMAD RAINADI 03031281621046

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN 1,4-
CYCLOHEXANEDIMETHANOL KAPASITAS 14.400 TON/TAHUN**

SKRIPSI

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

Oleh

Medias Indah Monica Sari

NIM. 03031181621018

Adhe Muhammad Rainadi

NIM. 03031281621046

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T.

NIP. 197808222002122001

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 1,4-Cyclohexanedimetanol Kapasitas 14.400 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh Medias Indah Monica Sari dan Adhe Muhammad Rainadi di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 Juli 2020.

Palembang, Juli 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.
NIP. 195608311984032002
2. Ir. Rosdiana Muin, M.T.
NIP. 195608311984032002
3. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP. 197503261999032002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Medias Indah Monica Sari

NIM : 03031181621018

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan 1,4-
Cyclohexanedimethanol Kapasitas 14.400 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Adhe Muhammad Rainadi** 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.

Inderalaya, 21 Juli 2020



Medias Indah Monica Sari

NIM. 03031181621018



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adhe Muhammad Rainadi
NIM : 03031281621046
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan 1,4-
Cyclohexanedimethanol Kapasitas 14.400 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Medias Indah Monica Sari 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.

Inderalaya, 21 Juli 2020



Adhe Muhammad Rainadi

NIM. 03031281621046



RINGKASAN

PRA RANCANGANN PABRIK PEMBUATAN 1,4-CYCLOHEXANE DIMETHANOL KAPASITAS 14.400 TON /TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 14 Juli 2020

Medias Indah Monica Sari dan Adhe Muhammad Rainadi

Dibimbing oleh Dr. Fitri Hadiyah, S.T, M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik 1,4-*Cyclohexanedimethanol* (CHDM) direncanakan berlokasi di daerah Cilegon, Provinsi Banten. Pabrik ini meliputi area seluas 5,1918 Ha dengan kapasitas 14.400 ton per tahun. Proses pembuatan 1,4-*Cyclohexanedimethanol* ini mengacu pada US Patent No. 2019/00662251 A1. Reaksi berlangsung di dalam *Trickle Bed Reactor* pada suhu 180°C dan tekanan 10 MPa dengan katalis Pd/C di Reaktor-01 dan pada suhu 230°C dan tekanan 8 MPa dengan katalis Ru Sn/C pada Reaktor-02

Pabrik ini merupakan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff*, yang dipimpin oleh seorang direktur utama dengan jumlah karyawan 154 orang. Pabrik pembuatan 1,4-*Cyclohexanedimethanol* ini layak didirikan karena telah memenuhi persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut:

- *Total Capital Investment* = US\$ 42.768.672,869
- *Selling Price per Year* = US\$ 118.066.609,845
- *Total Production Cost* = US\$ 89.007.531,572
- *Annual Cash Flow* = US \$ 23.454.914,176
- *Pay Out time* = 2,044 tahun
- *Rate of return on investment* = 47,561%
- *Discounted Cash Flow –ROR* = 68,329%
- *Break Even Point* = 33,993 %
- *Service Life* = 11 tahun

Kata Kunci : 1,4-*Cyclohexanedimethanol*, Hidrogenasi, *Trickle Bed Reactor*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan 1,4 Cyclohexane Dimethanol Kapasitas 14.400 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini dibuat sebagai syarat akhir mengikuti ujian sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Universitas Sriwijaya. Tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui laporan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T., selaku sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Orang tua dan keluarga.
5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 2016 serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak.

Palembang, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PEMBAHASAN UMUM	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan.....	1
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan 1,4- <i>Cyclohexanedimethanol</i>	3
1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia	4
BAB 2. PERENCANAAN PABRIK	
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	8
2.2. Pemilihan Kapasitas.....	9
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	10
2.4. Pemilihan Proses	10
2.5. Uraian Proses	12
BAB 3. LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	
3.1. Lokasi Pabrik	15
3.2. Tata Letak Pabrik	18
3.3. Perkiraan Luas Pabrik	19
BAB 4. NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	
4.1. Neraca Massa	22
4.2. Neraca Panas	27
BAB 5. UTILITAS	
5.1. Unit Pengadaan Air.....	34
5.2. Unit <i>Refrigerant</i>	39
5.3. Unit Pengadaan <i>Steam</i>	39
5.4. Unit Pengadaan Listrik	40

5.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar	42
BAB 6. SPESIFIKASI PERALATAN	45
BAB 7. ORGANISASI PERUSAHAAN	
7.1. Bentuk dan Sistem Organisasi Perusahaan.....	81
7.2. Manajemen dan Struktur Organisasi.....	82
7.3. Sistem Kerja.....	86
7.4. Penentuan Jumlah Pekerja.....	87
BAB 8. ANALISA EKONOMI	
8.1. Profitabilitas	94
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	95
8.3. Total Modal Akhir.....	97
8.4. Laju Pengembalian Modal.....	99
8.5. Break Even Point (BEP)	100
BAB 9. KESIMPULAN	103
DAFTAR PUSTAKA	104

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Data Kebutuhan CHDM.....	9
Tabel 2.2 Perbandingan Proses Pembuatan CHDM.....	11
Tabel 7.1 Pembagian Waktu Kerja Pekerja Shift.....	87
Tabel 7.2 Rincian <i>Direct Labor</i>	89
Tabel 7.3 Rincian Jumlah Karyawan	90
Tabel 7.4 (Lanjutan) Rincian Jumlah Karyawan.....	91
Tabel 8.1 <i>Selling Price</i>	94
Tabel 8.2 Angsuran Pengembalian Modal	96
Tabel 8.3 Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	102

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Grafik Kebutuhan CHDM	9
Gambar 3.1. Lokasi Pabrik 1,4-Cyclehexanedimethanol di Banten	14
Gambar 3.2. Tata Letak Peralatan	19
Gambar 3.3. Tata Letak Pabrik.....	20
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	92
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP).....	101

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

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 ³
V _s	= Volume silinder, m ³
ρ	= Densitas, kg/m ³

2. CHILLER / VAPORIZER / CONDENSER / EVAPORATOR / REBOILER / HEATER / COOLER / HEAT EXCHANGER

A	= Area perpindahan panas, ft ²
a _a , a _p	= Area pada annulus, inner pipe, ft ²
a''	= external surface per 1 in, ft ² /in ft
D _e	= Diameter ekivalen, in
f	= faktor friksi, ft ² /in ²
G _a	= Laju alir massa fluida pada annulus, lb/jam. Ft ²
G _p	= Laju alir massa fluida pada inner pipe, lb/jam. Ft ²
g	= percepatan gravitasi
h	= Koefisien perpindahan panas, Btu/jam ft ² F
j _h	= Faktor perpindahan panas
k	= Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² F
LMTD	= Logaritmic Mean Temperature Difference, °F
ID	= Inside Diameter, ft
OD	= Outside Diameter, ft
R _d	= Dirt factor, Btu/jam ft ² F

R_e	= Bilangan Reynold
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 rata-rata fluida panas, °F
t_c	= Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U_c, U_d	= Clean overall coefisient, design overall coefisient, Btu/jam ft ²
W	= Laju alir massa fluida panas, lb/jam
w	= Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
μ	= viskositas, cp

3. DISSOLUTION TANK

D_I	= Diameter impeler, m
Q	= Volumetric flowrate, m ³ /jam
H	= Tinggi ellipsoidal, m
H_s	= Tinggi silinder, m
H_L	= Tinggi liquid, m
H_T	= Tinggi tangki, m
N	= Kecepatan Pengaduk, rps
n	= Jumlah pengaduk
N_{RE}	= Bilangan Reynold
P	= Tenaga Pengaduk
q	= Lebar blade, m
r	= Panjang blade, m
$SpGr$	= Specific Gravity
t	= Tebal tangki, m
V_T	= Volume tangki, m ³
W_b	= Lebar baffle, m
σ	= Tegangan permukaan, N/m
ρ	= Densitas, kg/m ³

4. EXPANDER/KOMPRESOR

k	= Isentropic exponent
η_s	= Efisiensi isentropik
η_p	= Efisiensi Politropik
n	= Politropic ekponen
P	= Power, JP
P_1	= Tekanan inlet, atm
P_2	= Tekanan outlet, atm
T_1	= Temperatur inlet, K
T_2	= Temperatur outler, K
Q	= Volumetric flowrate, m ³ /jam
ρ	= Densitas, kg/m ³

5. GAS LIQUID SEPARATOR

A	= Cross sectional area, m ²
C	= faktor korosi, in
E	= Welded joint Efficiency
L	= Panjang separator, m
OD	= Outside Diameter, m
P	= Tekanan desain, kpa
Q_v	= Volumetric flow vapor, m ³ /s
Q_L	= Volumetric flow liquid, m ³ /s
S	= Allowance stress, kpa
t	= residence time, jam
t	= tebal dinding, m
u_t	= Settling velocity, m/s
u_v	= Vapor velocity, m/s
W	= Laju alir kg/jam
ρ_v	= Densitas vapor, kg/m ³
ρ_L	= Densitas liquid, kg/m ³

6. KOLOM DESTILASI

A	= Vessel area, m ²
A _a	= Active area, m ²
A _d	= Area downcomer, m ²
A _h	= Area, hole, m ²
A _n	= Area tower, m ²
C	= Faktor korosi yang diizinkan, m
C _{VO}	= Dry orifice coeficient, dimensionless
C _{sb}	= Kapasitas uap, m/det
D	= Diameter tower, m
D _s	= Designment space, m
E	= Joint efisiensi, dimensionless
E _o	= Overall tray pengelasan, dimensionless
e	= Total entrainment, kg/det
F	= Faktor flooding, dimensionless
F _{LV}	= Parameter aliran, dimensionless
f	= Faktor friksi
H	= Tinggi tower, m
HK	= Heavy Component
h _a	= Areated liquid drop, cm
h _f	= Height of froth, cm
h _{ow}	= Height liquid crast over weir, cm
h _w	= Tinggi weir, cm
L	= Tinggi liquid, m
LK	= Light component
P	= Tekanan desain, atm
Q	= Liquid bolumeterik flowrate, m/det
Q _v	= Vapor bolumeterik flowrate, m/det
R	= Rasio refluks, dimensionless
R _m	= Rasio refluks minimum
S	= Working stress, atm

S	= Plate teoritis pada aktual refluks
S_m	= Stage teoritis termasuk reboiler
U_v	= Vapour velocity, m/det
ρ_g	= Densitas gas, kg/m^3
ρ_l	= Densitas liquid, kg/m^3

7. REAKTOR

Cc	= Tebal korosi maksimum, in
C_{AO}	= Konsentrasi awal umpan, kmol/m^3
D_p	= Diameter katalis, m
F_{AO}	= Laju alir umpan, kmol/jam
H_R	=Tinggi shell reaktor, m
H_T	= Tinggi tube, m
k	= Konstanta kecepatan reaksi, $\text{m}^3/\text{kmol.s}$
P	= Tekanan operasi, atm
τ	= Waktu tinggal, jam
p_t	= Tube pitch, in
S	= Tegangan kerja yang diizinkan, kpa
t	= Tebal dinding reaktor, m
V_k	= Volume katalis, m^3
V_T	= Volume reaktor, m^3
ρ, ρ_k	= Densitas fluida, katalis, kg/m^3
R	= Konstanta gas ideal, 8,314 kJ/kmol.K
σ_A	= Diameter molekul, cm
M	= Berat molekul, kg/kmol
E_A	= Energi aktivasi, kJ/kmol
V_E	= Volume elipsoida1, m^3
H_S	= Tinggi silinder, m
h	= Tinggi elipsoida1 head, m
H_T	= Tinggi total tanki, m

8. POMPA

- A = Area alir pipa, in²
ID = Diameter optimum dalam pipa baja, in
Di opt = Diameter optimum pipa, in
Gc = Percepatan gravitasi, ft/
Hf suc = Total friksi pada suction, ft
Hf dis = Total friksi pada Discharge, ft
Hd = Discharge head, ft
Hs = Suction head, ft
H_f = Friksi pada permukaan pipa, ft
H_f = Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
Kc = Contraction loss, ft
Ke = Expansion loss, ft
L = Panjang pipa, m
Le = Panjang ekivalen pipa, m
ΔP = Total static head, ft
V_L = Volume fluida, lb/jam
V = Kecepatan alir, ft/det
W_s = Work shaft, ft lbf/lbm
f = Faktor friksi
ρ = Densitas, lb/ft³
μ = Viskositas, cp
ε = Ekivalen roughness, dimensionless
η = Efisiensi, dimensionless

9. TANKI

C	=	Tebal korosi yang diizinkan, m
D_T	=	Diameter tanki, m
E	=	Efisiensi penyambungan, dimensionless
H_s	=	Tinggi silinder, m
H_T	=	Tinggi tanki, m
h	=	Tinggi head, m
P	=	Tekanan operasi, atm
S	=	Working stress yang diizinkan, atm
t	=	Tebal dinding tanki, m
V_s	=	Volume silinder, m^3
V_e	=	Volume elipsoidal, m^3
V_t	=	Volume tanki, m^3

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. PERHITUNGAN NERACA MASSA	105
LAMPIRAN 2. PERHITUNGAN NERACA PANAS	139
LAMPIRAN 3. SPESIFIKASI PERALATAN	190
LAMPIRAN 4. PERHITUNGAN EKONOMI	400
LAMPIRAN 5. TUGAS KHUSUS.....	411

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Latar Belakang

1,4-*Cyclohexanedimethanol* (CHDM) adalah senyawa organik dengan rumus molekul $C_8H_{16}O_2$. CHDM sendiri merupakan *intermediate* penting dalam manufaktur *polyester fibers*, *polyester resins*, *polycarbonates*, dan *polyurethanes*. CHDM juga sangat penting ketika digunakan sebagai salah satu diol dalam manufaktur polietilen tereftalat. Dimasukkannya CHDM dalam rantai polimer yang efektif untuk meningkatkan berbagai sifat yang berguna seperti ketangguhan (*toughnes*), ketahanan terhadap panas, ketahanan terhadap cuaca (*weatherability*), ketahanan terhadap pelarut, dan kemampuan proses (*processability*).

Indonesia masih memiliki ketergantungan impor terhadap CHDM karena tidak adanya produksi di dalam negeri. Pada tahun 2018 Indonesia mengimpor 405.219 kg CHDM ke dalam negeri (UN Comtrade, 2020). Indonesia sendiri memiliki potensi yang baik untuk produksi CHDM. Hal ini karena tak hanya Indonesia, negara lain di kawasan ASEAN dan sekitarnya seperti Malaysia, Singapura, Thailand, dan Filipina tercatat juga memiliki *track record* impor CHDM yang cukup besar di negaranya. Hal inilah yang menjadi peluang bagi Indonesia untuk dapat memproduksi sendiri CHDM di dalam negeri untuk memenuhi pasar dalam negeri dan pasar luar negeri, khususnya di negara ASEAN dan sekitarnya. Pendirian pabrik CHDM ini diharapkan pada akhirnya dapat menghilangkan ketergantungan impor CHDM, penghematan devisa negara, meningkatkan ekspor ke negara lain, dan memperluas lapangan pekerjaan.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Berdasarkan U.S. Patent No. 2.917.549 CHDM pertama kali ditemukan oleh Robert H. dan M.B. Knowles dari Eastman Kodak Company tahun 1959. Pada penemuan ini proses pembuatan CHDM dilakukan dengan proses reaksi hidrogenasi *ester 1,4-cyclohexanedicarboxylic acid* menggunakan katalis *copper-chromium-oxide*. Reaksi hidrogenasi ini dilakukan dengan menggunakan hidrogen

pada tekanan sekitar 5.000 pon per inci persegi dan pada temperatur sekitar 250°C dengan katalis *copper-chromium-oxide*.

Kemudian CHDM dikembangkan oleh George A., Harrell J. Lewis, dan Toy F. Reid dari Eastman Kodak Company pada tahun 1967. Pada pengembangan ini, proses dari pembuatan CHDM ini dilakukan dengan menggunakan *dialkyl terephthalate* melalui *two-stage hydrogenation*. *Palladium* digunakan sebagai katalis pada *first stage* dan *copper chromite* pada *second stage*. Katalis paladium yang cocok untuk digunakan dalam proses ini terdiri dari 0,25% sampai 10% berat paladium yang diendapkan pada pendukung yang sesuai. Pendukung yang sesuai umumnya adalah alumina yang didehidrasi atau diaktifkan, karbon aktif, zirkonium dioksida yang didehidrasi, gel silika terdehidrasi, kromium oksida, bentonit, asbes, dan sejenisnya. Penggunaan alumina atau karbon aktif sebagai *carrier* atau *support* katalis menghasilkan produk yang paling baik.

Hiroshi Itoh, dkk dari SK NJC Company pada tahun 2001 melakukan pengembangan pada proses pembuatan CHDM, yaitu dengan reaksi hidrogenasi *cyclohexanedicarboxylic acid dialkyl ester* menggunakan *fixed-bed continuous reaction* dan katalis *copper*. Proses *fixed-bed continuous reaction* dianggap lebih menguntungkan daripada proses reaksi katalis tersuspensi dalam hal produktivitas dan hasil. Di sini, proses *fixed-bed continuous reaction* mencakup proses reaksi tipe *downflow* dan *upflow*. Proses tipe *downflow* di mana katalis yang dibentuk sebelumnya ditempatkan ke dalam reaktor tahan tekanan, di mana hidrogen dan bahan baku disuplai ke bagian atas reaktor pada suhu dan tekanan yang telah ditentukan sebelumnya. Produk reaksi ditarik dari dasar reaktor. Sedangkan proses tipe *upflow* dimana hidrogen dan bahan baku disuplai ke bagian bawah reaktor dan produk reaksi dikeluarkan dari bagian atas reaktor. Pada dasarnya perkembangan proses pembuatan CHDM berkisar pada variasi bahan baku yang digunakan yaitu *Terephthalic acid* (TPA) atau senyawa turunannya dan katalis serta kondisi operasi yang sesuai untuk digunakan.

1.3. Macam-macam Proses Pembuatan 1,4-Cyclohexanedimethanol

1,4-Cyclohexanedimethanol (CHDM) dapat diproduksi dalam skala industri melalui beberapa metode yaitu:

1) *Esterification Terephthalic Acid with Additional Two Stage Hydrogenation*

Berdasarkan United State (U.S.) Patent No. 8.410.318, pembuatan CHDM dari TPA melewati 2 proses yaitu esterifikasi dan hidrogenasi. TPA diesterifikasi dengan *(4-methylcyclohexyl) methanol* menghasilkan *bis(4-methylcyclohexyl) methanol diester of TPA*. Senyawa diester inilah yang kemudian dihidrogenasi dua tahap untuk menghasilkan 1,4-Cyclohexanedimethanol (CHDM).

2) *Two Step Hydrogenation Dimethyl Terephthalate (DMT)*

Secara komersial, proses pembuatan CHDM adalah hidrogenasi DMT menggunakan katalis *Palladium* (Pd) dan *Copper* (Cu)/ *Chromium* (Cr). Proses hidrogenasi DMT menjadi CHDM membutuhkan dua reaktor. Reaktor pertama terjadi reaksi hidrogenasi DMT menjadi *Dimethyl Hexahydro Terephthalate* (DMHT) menggunakan katalis Pd. *Yield* DMHT yaitu 97-98% dan menghasilkan *main by product* berupa *methyl-4-methyl-4-cyclohexanecarboxylic acid methyl ester* dan *1-hydroxymethyl-4-methylcyclohexane*. Reaktor kedua terjadi reaksi hidrogenasi DMHT menjadi CHDM menggunakan katalis Cu/Cr. Reaktor dioperasikan pada 30-80 MPa dan 160-180°C (Werle dkk, 2012).

3) *Direct Hydrogenation Terephthalic Acid (TPA)*

Proses pembuatan CHDM dari TPA dengan reaksi hidrogenasi ini menggunakan dua buah reaktor dengan jenis katalis yang berbeda. Reaktor pertama menggunakan katalis *palladium* dengan *support activated carbon*, pada reaktor ini TPA dihidrogenasi menjadi CHDA. Adapun pada reaktor kedua, CHDA dihidrogenasi menjadi CHDM dengan menggunakan katalis *ruthenium and tin* dengan *activated carbon support* (US. 20190062251).

4) *One stage Hydrogenation Terephthalic Acid (TPA)*

Proses pembuatan CHDM dengan menggunakan metode ini hampir mirip dengan proses sebelumnya, hanya saja pada metode ini proses hidrogenasi dilakukan dalam satu tahap. Semua pereaksian bahan baku dilakukan di dalam

satu reaktor. Sehingga katalis yang digunakan pada metode ini juga cenderung lebih kompleks seperti Ru-Sn-Re/C, Ru-Sn-Pt, dan Pd-Pt-Re (CN 101066910).

1.4. Sifat-sifat Fisik dan Kimia

1) *Terephthalic Acid* (TPA)

Rumus Molekul	:	$C_8H_6O_4$
Berat Molekul	:	166,133 g/mol
Fase	:	Solid
Warna	:	Kristal putih
Titik Didih	T_{bp}	: 487,47 K
Titik Beku	T_{fp}	: 700,15 K
Titik Kritis	T_c	: 1.113 K
Tekanan Kritis	P_c	: 51,19 bar
Volume Kritis	V_c	: 424 ml/mol
Z_c	:	0,235
Densitas	(25°C)	: 1,2208 g/ml

2) Hidrogen

Rumus Molekul	:	H_2
Berat Molekul	:	2,016 g/mol
Fase	:	Gas
Warna	:	Tidak Berwarna
Titik Didih	T_{bp}	: 20,39 K
Titik Beku	T_{fp}	: 13,95 K
Titik Kritis	T_c	: 33,18 K
Tekanan Kritis	P_c	: 13,13 bar
Volume Kritis	V_c	: 64,15 ml/mol
Z_c	:	0,305

3) Air

Rumus Molekul	:	H ₂ O
Berat Molekul	:	18,015 g/mol
Fase	:	Liquid
Warna	:	Tidak Berwarna
Titik Didih	T _{bp}	: 373,15 K
Titik Beku	T _{fp}	: 273,15 K
Titik Kritis	T _c	: 647,13 K
Tekanan Kritis	P _c	: 220,55 bar
Volume Kritis	V _c	: 55,95 ml/mol
Z _c	:	0,229
Densitas (25°C)	:	0,999 g/ml

4) 1,4-Cyclohexanedicarboxylic Acid (CHDA)

Rumus Molekul	:	C ₈ H ₁₂ O ₄
Berat Molekul	:	172,181 g/mol
Fase	:	Solid
Warna	:	Putih
Titik Didih	T _{bp}	: 535,64 K
Titik Beku	T _{fp}	: 585,65 K
Titik Kritis	T _c	: 889 K
Tekanan Kritis	P _c	: 37,09 bar
Volume Kritis	V _c	: 464 ml/mol
Z _c	:	0,233
Densitas	:	0,3711 g/ml

5) *1,4-Cyclohexane Dimethanol (CHDM)*

Rumus Molekul	:	$C_8H_{16}O_2$
Berat Molekul	:	144,214 g/mol
Fase	:	Waxy Solid
Warna	:	Putih
Titik Didih	T_{bp}	: 556,20 K
Titik Beku	T_{fp}	: 320,65 K
Titik Kritis	T_c	: 724 K
Tekanan Kritis	P_c	: 32,61 bar
Volume Kritis	V_c	: 445 ml/mol
Z_c	:	0,241
Densitas	(20°C)	: 1,02 g/ml

6) *4-Methyl-1-Cyclohexanecarboxylic acid (MCHCA)*

Rumus Molekul	:	$C_8H_{14}O_2$
Berat Molekul	:	142,98 g/mol
Fase	:	Liquid
Warna	:	Tidak berwarna
Titik Didih	T_{bp}	: 492,93 K
Titik Kritis	T_c	: 693,05 K
Tekanan Kritis	P_c	: 33,61 bar
Volume Kritis	V_c	: 439,50 ml/mol
Densitas	(25°C)	: 1,005 g/ml

7) *4-Methylcyclohexanemethanol* (MCHM)

Rumus Molekul		:	$C_8H_{16}O$
Berat Molekul		:	128,214 g/mol
Fase		:	Liquid
Warna		:	Tidak berwarna
Titik Didih	T_{bp}	:	470,82 K
Titik Kritis	T_c	:	653,84 K
Tekanan Kritis	P_c	:	33,72 bar
Volume Kritis	V_c	:	434,50 ml/mol
Densitas	(25°C)	:	0,9074 g/ml

DAFTAR PUSTAKA

- AccuWeather. (2020). *Cuaca dan Peta Kota Cilegon, Banten* dalam <https://www.accuweather.com>.
- Alibaba. 2020. *Product Price* dalam <https://www.alibaba.com/>.
- APV. 2014. *Distillation Handbook*. Tonawanda: Engineered System Fillmore Avenue.
- Asep, M.S. 2014. *Pemilihan Tipe Kolom Pemisah Perancangan Alat Proses*. Semarang: *Universitas Diponegoro*.
- Badan Pusat Statistik. 2012-2020. *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Kecamatan Citangkil Dalam Angka 2019*. Cilegon.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Kota Cilegon Dalam Angka 2020*. Cilegon.
- Bank Indonesia. 2020. *Bunga Bank* dalam <https://www.bi.go.id/>.
- Barton, et al. 2019. *Process For The Preparation Of 1,4-Cyclohexanedimethanol From Terephthalic Acid*. *Patent US 8,410,318 B2*.
- BPH Migas. 2020. *Harga Bahan Bakar* dalam www.bphmigas.go.id.
- Brownell, L.E., and Young, E.H. 1959. *Process Equipment Design*. New Delhi: Willey Eastern Ltd.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (2005). *An Approach Towards Plant Location And Plant Layout*. New York: Elsevier.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (2005). *Chemical Engineering Design*. New York: Elsevier.
- Dinas PU. (2018). *Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air*. Jakarta.
- Dixit dan Vikas. (2015). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design* (4th ed., Vol. VI).

- Dot Property. 2020. *Harga Tanah* dalam www.dotproperty.id.
- Fatimurah, M. 2013. Tinjauan Teoritis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Operasi pada Kolom Distilasi. Palembang: *Jurnal Media Teknik*, 11(1): 23-32
- Felder, R. M., & Rousseau, R. W. (1978). *Elementary Principles of Chemical Processes* (3rd ed.). New York, New York: John Wiley & Sons.
- Fuji-shi, dkk. 1993. Process for Preparing 1,4-Cyclohexanedicarboxylic Acid. *Patent EP 0603825 A1*.
- Geankoplis, C. J. (1978). *Transport Processes and Unit Operation 3rd Edition*. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Google Inc. (2020). *Google Maps: Peta Lokasi Kecamatan Citangkil Kota Cilegon* dalam <http://maps.google.com/>.
- Hasek, dkk. 1959. Preparation of Trans-1,4-Cyclohexanedimethanol. *Patent US 2,917,549*.
- Ilmu Sipil. 2020. *Biaya Bangunan* dalam www.ilmusipil.com.
- Karl, K. 2013. *Distillation Column Selection and Sizing Engineering Design Guidelines*. Malaysia
- Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Komariah, L. N., Ramdja, A. F., & Leonard, N. (2009). Tinjauan Toritis Perancangan Kolom Distilasi Untuk Pra-Rencana Pabrik Skala Industri. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(4), 19–27.
- Lifepal. 2020. *Biaya Listrik* dalam www.lifepal.co.id.
- McKinn Internasional. 2020. *Distributor of Specialty chemicals from China* dalam <http://mckinn.com.sg/>.
- Miligan, D., & Miligan, J. (2014). *Matches*. Retrieved September 2016, from matche.com: <http://matche.com/default.html>

- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Company.
- Perry, R. H. and Green D. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th Edition. New York: McGraw - Hill Book Company.
- Peter, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics For Chemical Engineers* (4th ed., Vol. IV). New York: McGraw-Hill Book Company.
- Poling, dkk. (2001). *The Properties of Gases and Liquids*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- PT. Indorama Petrochemical. 2020. *Bahan Baku Terephthalic Acid* dalam <https://www.indoramaventures.com/>.
- PT. Tira Austenite. 2020. *Hidrogen* dalam <http://www.tiraaustenite.com/>.
- Salin, M.A. (2019). *Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih*. Jakarta: Skripsi.
- Samant, et al. 2019. System and Method For Producing 1,4-Cyclohexanedimethanol and 1,4-Cyclohexanedicarboxylic Acid From Terephthalic Acid. *Patent US 2019/0062251 A1*.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbot, M. M. (2001). *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics*. Boston: McGraw Hill.
- Strem Chemical inc. 2020. *Harga Katalis* dalam <https://www.Stremchemical.com>.
- Treybal, R. E. (1981). *Mass-Transfer Operation*. McGraw-Hill.
- UN Comtrade. 2020. *HYPERLINK "https://comtrade.un.org/data" https://comtrade.un.org/data* (Diakses pada Tanggal 18 Februari 2020).
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment*. Boston: Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering.
- Werle, dkk. 2012. *Alcohols Polyhydric*. Germany: Ullmann.

- Wijana, 2012. *Perancangan Pabrik: Penentuan Lokasi Pabrik*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Winkle, M. V. 1967. *Distillation*. New York: McGraw-Hill.
- Yaws, C. L. (2015). *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Zhiqing, dkk. 2007. Process of Preparing 1,4-Cyclohexanedimethanol. *Patent CN 101066910*.