

SKRIPSI

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETIL HEKSANOL
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

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



Muhammad Abdurrahman Mustafa Hafizuddin

NIM 03031381821004

Muhammad Arif Brilliant Pratama

NIM 03031381821021

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

SKRIPSI

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETIL HEKSANOL
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

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



Muhammad Abdurrahman Mustafa Hafizuddin

NIM 03031381821004

Muhammad Arif Brilliant Pratama

NIM 03031381821021

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ETIL HEKSANOL
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

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

Oleh:

Muhammad Abdurrahman Mustafa Hafizuddin

NIM 03031381821004

Muhammad Arif Brillian Pratama

NIM 03031381821021

Palembang, September 2020

Doesen Pembimbing Tugas Akhir,

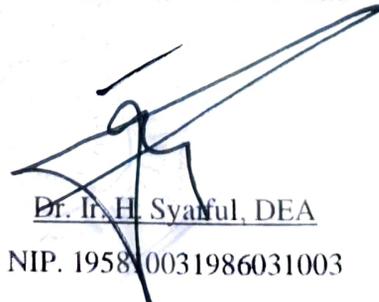


Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA

NIP 196010111985032002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA

NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etil Heksanol Kapasitas 100.000 Ton / Tahun” telah dipertahankan oleh Muhammad Abdurrahman Mustafa Hafizuddin dan Muhammad Arif Brillian Pratama di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 September 2020.

Palembang, September 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP. 197503261999032002
2. Prahady Susmanto, S.T., M.T.
NIP. 198208042012121001
3. Enggal Nurisman, S.T., M.T.
NIP. 198106022008011010

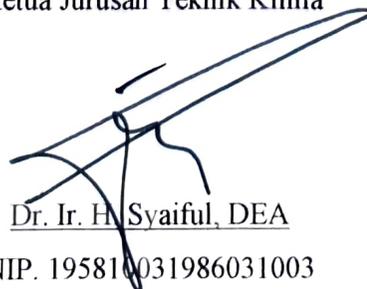
()

()

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA

NIP. 195810031986031003

LEMBAR PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

Muhammad Abdurrahman Mustafa Hafizuddin (03031381821004)

Muhammad Arif Brilliant Pratama (03031381821021)

Judul:

**“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ETIL HEKSANOL
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN”**

Mahasiswa tersebut telah melakukan perbaikan yang diberikan Dosen Penguji dalam sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 September 2020.

Tim Penguji,

1. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, ST.,MT
2. Prahady Susmanto, ST.,MT
3. Enggal Nurisman, ST.,MT

Palembang, September 2020

Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA

NIP. 196010111985032002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Abdurrahman Mustafa Hafizuddin

NIM : 03031381821004

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Etil Heksanol 100.000
Ton/Tahun.

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Muhammad Arif Brillian Pratama** 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 paksaan dari pihak manapun.

Palembang, September 2020



Muhammad Abdurrahman Mustafa Hafizuddin

NIM. 03031381821004

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Arif Brillian Pratama

NIM : 03031381821021

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Etil Heksanol 100.000
Ton/Tahun.

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Muhammad Abdurrahman Mustafa Hafizuddin** 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 paksaan dari pihak manapun.

Palembang, September 2020



Muhammad Arif Brillian Pratama

NIM. 030313818210

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etil Heksanol Kapasitas 100.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

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

- 1) Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya .
- 2) Ibu Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA, selaku dosen pembimbing.
- 3) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Orang tua dan teman-teman yang telah memberikan motivasi, saran, serta dukungan yang terbaik.

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

Palembang, September 2020

Penulis

RINGKASAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN *ETIL HEKSANOL* KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, September 2020

M A Mustafa Hafizuddin dan M Arif Brilliant P; Dibimbing oleh Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxi + 661 halaman, 12 tabel, 12 gambar, 4 lampiran

RINGKASAN

Pabrik pembuatan Etil Heksanol berkapasitas 100.000 ton/tahun direncanakan berdiri pada tahun 2024 di Kecamatan Krangkeng, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat yang diperkirakan memiliki luas area 200 Ha. Proses pembuatan Etil Heksanol mengacu pada paten US 8,764,946 B2/2014/Sung Kyu Lee, dkk, dimana proses adalah proses *oxo* Ruhrchemie, menggunakan 3 tipe reaktor yaitu adalah *hydroformylation* yang menggunakan bahan baku berupa *propylene*, *carbon monoxide* dan *hydrogen*. pada *bubble Reactor* menggunakan katalis Solution berupa campuran air, *Triphenyl Phospine* dan *Rhodium* pada temperatur 120°C dan tekanan 10 atm . Kemudian, dilanjutkan pada proses *Aldolation* yang mereaksikan n-C₄H₈O dengan *solution* berupa NaOH dan air pada temperatur 120 °C dan tekanan 1.5 atm. Selanjutnya produk hasil reaksi *Aldolation* di kirimkan menuju ke unit *Hydrogenation* 2 stage dengan mereaksikan umpan (1ststage berupa C₈H₁₄O dan 2ndstage C₈H₁₆O) dengan H₂ menghasilkan produk akhir berupa C₈H₁₈O.

Pabrik yang akan didirikan ini merupakan perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line and Staff*, dengan total karyawan 166 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik Etil Heksanol ini layak didirikan karena telah memenuhi persyaratan parameter ekonomi, yaitu:

- *Total Capital Investment (TCI)* = US \$ 247.444.205,88
- *Total Production Cost (TPC)* = US \$ 142.125.524,00
- Total Penjualan per Tahun (SP) = US \$ 216.968.120,00
- *Annual Cash Flow (ACF)* = US \$ 52.389.817,20
- *Pay Out Time (POT)* = 5,26 tahun
- *Rate of Return on Investment (ROR)* = 21 %
- *Discounted Cash Flow (DCF)* = 78 %
- *Break Even Point (BEP)* = 39,4113 %

- *Service Life* = 11 tahun

Kata Kunci : *Propylene, Carbon Monoxide, Hydrogen, Hydroformylation, Aldolation, NaOH, Multitubular Fixed Bed Reactor, Analisa Ekonomi*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Mekanisme Pembuatan 2 Ethyl Hexanol	3
1.3.1. Pembuatan Asetaldehid	4
1.3.2. Proses Aldox	5
1.3.3. Proses Shell	6
1.3.4. Proses Oxo	6
1.3.5. Alasan Pemilihan Proses	8
1.4. Tahapan Pembuatan 2 Ethyl Hexanol (US 2010/0260647 A1)	10
1.5. Sifat Fisika dan Kimia	13
BAB II PERENCANAAN PABRIK	20
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	20
2.2. Penentuan Kapasitas.....	21
2.3. Pemilihan Bahan Baku	26
2.4. Pemilihan Proses	27
2.5. Uraian Proses	27
2.5.1. Unit Hydroformylation.....	27

2.5.2. Unit Aldolation	28
2.5.3. Unit Hydrogenation.....	28
2.5.3. Unit Separasi dan Purifikasi.....	29
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	30
3.1. Lokasi Pabrik	30
3.2. Tata Letak Pabrik	35
3.3. Perkiraan Luas Tanah	38
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	40
4.1. Neraca Massa	40
4.1.1. Unit Hydroformylation.....	40
4.1.2. Unit Aldolation	46
4.1.3. Unit Hydrogenation	48
4.2. Neraca Panas	53
4.2.1. Unit Hydroformylation.....	53
4.2.2. Unit Aldolation	56
4.2.3. Unit Hydrogenation.....	58
BAB V UTILITAS	62
5.1. Unit Pengadaan Air	62
5.1.1. Air Pendingin	62
5.1.2. Air Umpan Boiler.....	64
5.1.3. Air Domestik.....	65
5.1.3. Air Hidran	66
5.1.4. Total Kebutuhan Air	66
5.2. Unit Pengadaan Steam	66
5.3. Unit Pengadaan Listrik	67
5.3.1. Listrik untuk Peralatan	67
5.3.2. Listrik untuk Penerangan	68
5.3.3. Total Kebutuhan Listrik	70
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar	70
5.4.1. Bahan bakar Boiler	70
5.4.2. Bahan bakar keperluan generator.....	71

5.4.3. Total Kebutuhan Bahan Bakar	71
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	72
6.1. Tangki Penyimpanan Bahan Baku	72
6.2. Unit Hydroformylation	73
6.3. Unit Aldolation	84
6.4. Unit Hydrogenation.....	90
6.5. Tangki Penyimpanan Produk	97
6.6. Pompa	98
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	115
7.1. Bentuk Perusahaan	115
7.2. Struktur Organisasi	117
7.3. Tugas dan Wewenang	117
7.4. Sistem Kerja.....	121
7.5. Penentuan Jumlah Buruh	122
BAB VIII ANALISA EKONOMI	127
8.1. Profitabilitas (Keuntungan)	128
8.1.1. Total Penjualan Produk.....	128
8.1.2. Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i>	128
8.2. Lama Waktu Pengembalian Pinjaman	129
8.2.1. Perhitungan Depresiasi.....	129
8.2.2. Lama Pengangsuran Pengembalian Pinjaman	130
8.2.3. <i>Pay Out Time (POT)</i>	131
8.3. Total Modal Akhir	131
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP)</i>	131
8.3.2. <i>Total Capital Sink (TCS)</i>	133
8.4. Laju Pengembalian Modal	133
8.4.1. <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i>	133
8.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)</i>	134
8.5. <i>Break Even Point (BEP)</i>	134
8.5.1. Model Matematis	135
8.5.2. Metode Grafis	135

BAB IX KESIMPULAN	138
DAFTAR PUSTAKA	139

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perbandinga proses pembuatan Etil Heksanol	9
Tabel 2.1. Data Ekspor Etil Heksanol di Indonesia.....	21
Tabel 2.2. Data Kebutuhan Impor Etil Heksanol di Prancis	21
Tabel 2.3. Data Kebutuhan Impor Etil Heksanol di Turki	22
Tabel 2.4. Data Kebutuhan Impor Etil Heksanol di Brazil	22
Tabel 2.5. Data Kebutuhan Impor PVC di Indonesia.....	22
Tabel 2.6. Data Kebutuhan Impor Solvent Etil Heksanol di Indonesia	22
Tabel 5.1. Kebutuhan Penerangan berdasarkan tempat.....	68
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal Kerja Pekerja <i>Shift</i>	122
Tabel 8.1. Total Penjualan Produk	128
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Pinjaman	130
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik Ekspor Etil Heksanol di Indonesia	23
Gambar 2.2. Grafik Impor Etil Heksanol di Prancis	24
Gambar 2.3. Grafik Impor Etil Heksanol di Turki	24
Gambar 2.4. Grafik Impor Etil Heksanol di Brazil	25
Gambar 2.5. Grafik Impor PVC di Indonesia.....	25
Gambar 2.6. Grafik Impor Solvent Etil Heksanol di Indonesia	26
Gambar 3.1. Peta Provinsi Jawa Barat	33
Gambar 3.2. Peta Kabupaten Indramayu.....	33
Gambar 3.4. Peta Lokasi Pabrik	33
Gambar 3.4. Tata Letak Alat Pabrik.....	37
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	126
Gambar 8.1. Grafik <i>Break even point</i>	136

DAFTAR NOTASI

1. TANGKI

C	=	Tebal korosi yang diizinkan
D	=	Diameter tangki, m
E	=	Efisiensi penyambungan, dimensionless
He	=	Tinggi head, m
Hs	=	Tinggi silinder, m
Ht	=	Tinggi total tangki, m
P	=	Tekanan Desain, atm
S	=	Working stress yang diizinkan, Psia
T	=	Temperatur Operasi, K
V_h	=	Volume ellipsoidal head, m^3
V_s	=	Volume silinder, m^3
V_t	=	Volume tangki, m^3
W	=	Laju alir massa, kg/jam
ρ	=	Densitas, kg/m^3

2. HEAT EXCHANGER, HEATER, CONDENSOR, COOLER

A	=	Area perpindahan panas, ft^2
a_a, a_p	=	Luas aliran pada annulus, inner pipe, ft^2
a_s, a_t	=	Luas aliran pada shell and tube, ft^2
a''	=	External surface per lin, $ft^2 / lin ft$
B	=	Baffle spacing, in
C	=	Clearence antar tube, in
C_p	=	Heat capacity, $kJ/kmol.K$
D	=	Diameter dalam tube, in
D_e	=	Diameter ekuivalen, in
DB	=	Diameter bundle, in
DS	=	Diameter shell, 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_s	= Laju alir massa fluida pada shell, lb/jam.ft ²
g	= Percepatan gravitasi, ft/s ²
h	= Koefisien perpindahan panas, Btu/hr.ft ² . °F
h_1, h_o	= Koefisien perpindahan panas fluida dalam dan luar <i>tube</i>
ID	= Inside diameter, ft
jH	= Faktor perpindahan panas, <i>dimensionless</i>
k	= Konduktivitas termal, Btu/hr.ft ² . °F
L	= Panjang tube pipa, ft
LMTD	= Logaritmic Mean Temperature Difference, °F
N	= Jumlah baffle
N_t	= Jumlah tube OD : Outside diameter, ft
PT	= Tube pitch, in
ΔPT	= Return drop shell, psi
ΔPS	= Perbedaan tekanan pada shell, psi
ΔPt	= Perbedaan tekanan pada tube, psi
Q	= Beban panas heat exchanger, Btu/hr
R_d	= Dirt factor, hr.ft ² . °F/Btu
Re	= Bilangan Reynold, <i>dimensionless</i>
s	= Specific gravity, <i>dimensionless</i>
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 coefficient, Design overall coefficient, . Btu.hr.ft ² . °F
W	= Laju alir massa fluida panas, lb/hr
w	= Laju alir massa fluida dingin, lb/hr
μ	= Viskositas, Cp

3. KOMPRESOR

C_p	= Heat capacity, kJ/kmol.K
k	= Konstanta kompresi
n	= Jumlah stage kompresi
P_w	= Power kompresor, hp
P_{in}	= Tekanan masuk, atm
P_{out}	= Tekanan keluar, atm
T_{in}	= Temperatur masuk kompresor, °C
T_2	= Temperatur keluar kompresor, °C
Q	= Kapasitas kompresor, ft ³ /menit
R_c	= Rasio kompresi, <i>dimensionless</i>
V	= Laju alir volumetrik, ft ³ /menit
W	= Laju alir massa, kg/jam
η	= Efisiensi kompresor ρ : Densitas, kg/m

4. POMPA

A	= Area alir pipa, in ²
BHP	= Brake Horse Power, HP
$D_{i\ opt}$	= Diameter optimum pipa, in
E	= Equivalent roughness
f	= Faktor friksi
FK	= Faktor keamanan
g_c	= Percepatan gravitasi, ft/s ²
Gpm	= Gallon per menit
$H_{f\ suc}$	= Total friksi pada suction, ft
$H_{f\ dis}$	= Total friksi pada discharge, ft
H_{fs}	= Skin friction loss
H_{fsuc}	= Total suction friction loss
H_{fc}	= Sudden Contraction Friction Loss (ft lb _m /lb _f)
H_{fc}	= Sudden expansion friction loss (ft lb _m /lb _f)
ID	= Inside diameter pipa, in
K_C, K_S	= Contraction, expansion loss contraction, ft

L	= Panjang pipa, ft
L_e	= Panjang ekuivalen pipa, ft
NPSH	= Net positive suction head (ft)
N_{Re}	= Reynold number, dimension less
P_{vp}	= Tekanan uap, Psi
Q_f	= Laju alir volumeterik
V_f	= Kapasitas pompa, lb/jam
V	= Kecepatan alir
ΔP	= Beda tekanan, Psi

5. MIXING TANK

C	= Korosi yang diizinkan, m
E	= Effisiensi pengelasan, dimensionless
S	= Working stress yang diizinkan, psi
D_t	= Diameter tanki, m
D_i	= Diameter pengaduk, m
H_i	= Tinggi pengaduk dari dasar tanki
H_l	= Tinggi pengaduk
W	= Lebar daun impeller
L	= Panjang daun impeller
V_s	= Volume silinder, m^3
V_e	= Volume ellipsoidal, m^3
t_h	= Tebal tanki, m
N_t	= Jumlah pengaduk
P	= Densitas liquid
μ	= Viscosity, cP
t_m	= waktu pengadukan, menit

6. REAKTOR

ΔH_f	= Entalpi pembentukan (Kj/Kmol)
H_L	= Entalpi laten (Kj/Kmol)
H_{liq}	= Entalpi <i>liquid</i> (Kj/Kmol)

H_{gas}	= Entalpi gas (Kj/Kmol)
Q_f	= Aliran massa (Kg/jam)
F_{AO}	= Aliran mol awal (Kmol/jam)
F_{A}	= Aliran mol akhir (Kmol/jam)
C_{AO}	= Konsentrasi awal (Kmol/m ³)
C_{A}	= Konsentrasi akhir (Kmol/m ³)
k	= Konstanta laju reaksi (m ³ /kmol.s)
N	= Bilangan avogadro (6,23 x 10 ²³)
E	= Energi aktivasi (Kj/Kmol)
R	= Konstanta gas ideal (8,314 J/mol.K)
V_{R}	= Volume reaktor (m ³)
S	= Tegangan maksimal (N/m ²)
E_j	= <i>Joint efficiency</i>
C_c	= <i>Corrosion allowance</i> (m)
W_k	= Berat katalis

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	141
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	218
LAMPIRAN C SPESIFIKASI PERALATAN	309
LAMPIRAN D PERHITUNGAN EKONOMI.....	653

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan sebuah negara berkembang yang terletak di Asia bagian Tenggara. Indonesia memiliki posisi negara yang strategis dimana berada di antara 2 samudera yaitu samudera Hindia dan Samudera Pasifik, serta berada di antara 2 Benua yaitu benua Asia dan Afrika. Dengan posisi yang sangat strategis Indonesia sangat tepat untuk dijadikan lokasi pembangunan industri lingkup skala nasional dan Internasional.

Dari (Sumber : Helmut Bahrmann dkk, 1991) *2-ethyl hexanol* atau *Iso Octyl Alcohol* yang merupakan rangkaian gugus iso octanol yang memiliki rumus kimia $C_8H_{18}O$ dengan karakteristik berupa senyawa yang tidak berwarna, *miscible* dengan semua senyawa organik dan sedikit larut di dalam air. *2-ethyl hexanol* dapat diproduksi menggunakan bahan baku berupa propylene dan syn gas dengan bantuan katalis melalui beberapa tahapan reactor yaitu Hydroformylation, Aldolasi dan Hydrogenasi.

2-ethyl hexanol dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *Dioctyl Phtalate* (DOP) yang berguna untuk pembuatan *plasticizer ester* sebagai PVC, selain itu dapat digunakan sebagai bahan baku *Dioctyl Adipate*, sebagai *Ethyl hexyl Phosphat* yang digunakan sebagai aditif minyak, pelumas serta sebagai pelarut dan *extraxting agent* (Sumber : Klaus Rettinger dkk, 1991).

Secara umum proses pembuatan *2-ethyl hexanol* terbagi menjadi 2 metode yaitu pembuatan menggunakan *asetaldehid* dan menggunakan proses *oxo*. Proses *Oxo* merupakan proses yang umum digunakan pada industri *2-ethyl hexanol* dimana proses *oxo* itu sendiri terbagi menjadi 2 berdasarkan pemilihan katalisnya yaitu proses *oxo* klasik dan proses *ruhrchemie AG*

Kebutuhan *Iso Octyl Alcohol/2-ethyl hexanol* berdasarkan data statistik di BPS, Indonesia sangat berpeluang untuk mengembangkan industri *Iso Octyl Alcohol* dengan kebutuhan impor per tahun masih diangka ± 30.000 Ton/tahun. Di Indonesia

ketersediaan bahan baku utama dan penunjang pembuatan *2-ethyl hexanol* cukup banyak yang berasal dari beberapa kilang Pertamina Refinery Unit di RU III Plaju, RU VI Balongan dan ditambah dengan RU IV Cilacap yang mulai beroperasi pada tahun 2016.

Melalui pembangunan pabrik *2-ethyl hexanol* akan menghilangkan kebutuhan impor sehingga menghemat devisa negara dan menambah daya ekspor yang akan memperbesar pasar Indonesia dibidang *2-ethyl hexanol*. Terlebih china merupakan negara besar yang membutuhkan bahan bahan *2-2-ethyl hexanol* sehingga menjadi peluang tersendiri untuk dapat diambil oleh pabrik pabrik Indonesia untuk dapat mengembangkan pasar dagang.

Secara tahapan prosedur pembuatan *2-Ethyl-Hexanol* adalah melalui 3 tahapan reaktor yaitu tahapan *Hydroformylation/* yang lebih dikenal dengan proses *OXO* menggunakan media katalis berupa *rhadium* di dalam *aquous solution* menghasilkan *n-Butanal* dilanjutkan dengan proses *Aldolation* dengan media berupa NaOH yang menghasilkan *2-Ethyl-Heksenal* tahapan ketiga reaktor menggunakan reaktor *Hydrogenation* dengan menggunakan media katalis berupa Bed *Catalyst Silica Alumina*. (Sumber :US Patent No. US 2010/0260647 A1)

1.2. Sejarah & Perkembangan

2-Ethyl Hexanol merupakan suatu rangkaian rantai atom carbon C dengan total atom karbon C berjumlah 8 buah yang termasuk dalam gugus alcohol. Merupakan cairan tidak berwarna yang tidak larut di dalam air namun larut dalam sebagian besar pelarut organik. Ethyl hexanol diproduksi secara besar dalam skala sekitar > 2.000.000 Ton/Tahun untuk digunakan sebagai pelarut, rasa dan wewangian terutama sebagai prekursor untuk produksi bahan kimia seperti emolien, plasticizer, perasa dan parfum. (Sumber : Helmut Bahrmann dkk, 1991)

2-Ethyl Hexanol itu sendiri sudah di produksi sejak tahun 1930, dimana sebanyak 40% dari total produksinya dihasilkan melalui proses oxo dengan bahan baku propilen. Pada awal tahapan pembuatannya *2-Ethyl Hexanol* diperoleh dari asetaldehid melalui

proses aldolase/dehidrasi. Yaitu bahan baku asetaldehid mula mulai dibentuk dari bahan baku etilen kemudian di konversi menjadi crotonaldehid yang selanjutnya di proses menjadi n-butiraldehid dengan proses hidrogenasi. Namun proses ini memiliki kelemahan dengan konversi yang rendah dibandingkan proses yang telah dikembangkan setelahnya. (Sumber : Mc.Ketta,1976)

Selanjutnya dikembangkan proses oxo klasik yang dijalankan mulai pada tahun 1960. Perbedaan mendasar antara mekanisme via asetaldehyd dan proses oxo klasik adalah proses oco klasik menggunakan bahan baku berupa propilen dengan menggunakan katalis berupa *cobalt carbonyl* $\text{HCO}(\text{CO})_4$ dengan 3 tahapan proses yang utama yaitu *Hydroformylation*, *Aldolation* & *Hydrogenation*. Pada pertengahan tahun 1980 dikembangkan proses pembuatan *2-ethyl hexanol* dengan tingkat konversi yang lebih tinggi yaitu menggunakan proses Ruhrchemie AG. Pada proses ini digunakan katalis yang berbeda dari proses oxo klasik yaitu menggunakan katalis berupa *cobalt carbonil* memanfaatkan katalis berupa *rhodium triphenylphosphine* yang dilarutkan ke dalam air yang dikembangkan oleh *Rhoune Pulenc*. (Sumber : Mc.Ketta,1976)

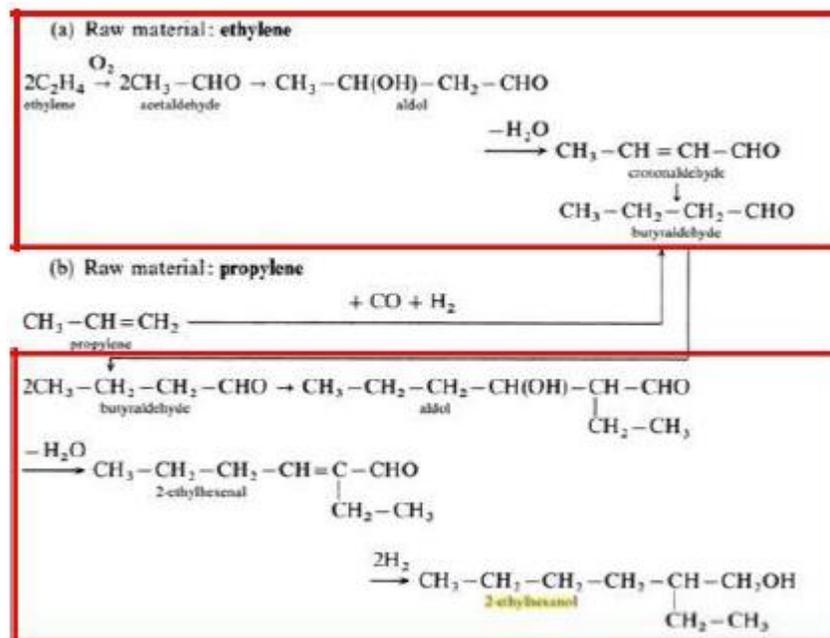
Secara spesifik Proses oxo sendiri ditemukan oleh ahli kimia Jerman Otto Roelen pada tahun 1938 dalam proses penyelidikan proses Fischer-Tropsch. Aldehida dan dietilketon diperoleh ketika etilena ditambahkan ke reaktor F-T. Melalui studi ini, Roelen menemukan kegunaan katalis kobalt. $\text{HCO}(\text{CO})_4$, yang telah diisolasi hanya beberapa tahun sebelum karya Roelen, terbukti menjadi katalis yang sangat baik. Istilah sintesis okso diciptakan oleh departemen paten Ruhrchemie, yang mengharapkan proses tersebut berlaku untuk persiapan aldehida dan keton. Pekerjaan selanjutnya menunjukkan bahwa ligan tributilfosfin (PBU_3) meningkatkan selektivitas proses yang dikatalisis kobalt. Mekanisme hidroformilasi Co-catalyzed dijelaskan oleh Richard F. Heck dan David Breslow pada 1960-an. Pada tahun 1968, katalis berbasis rodium dipublikasi. Kemudian pada tahun 1970-an, sebagian besar hidroformilasi bergantung pada katalis berbasis rodium. (Sumber : Boy Cornils, 1994)

1.3. Mekanisme Pembuatan 2-ethyl hexanol

Berdasarkan data yang diperoleh dari beberapa literatur dan referensi, *2-ethyl hexanol* dapat diproduksi menjadi 2 cara yaitu menggunakan mekanisme ;

1.3.1. Proses Asetaldehid

Proses yang digunakan menggunakan umpan berupa bahan baku etilen yang kemudian dikonversikan menjadi Asetaldehid yang selanjutnya diubah menjadi *crotonaldehid* menggunakan proses aldolasi/dehidrasi. Selanjutnya *crotonaldehid* yang telah dibentuk dikonversikan kembali menjadi n-butiraldehid dengan proses hidrogenasi menggunakan katalis nikel. Pada proses ini berlangsung pada temperatur kondisi operasi antara 80-130°C dan tekanan antara $0,3 \times 10^6 - 1 \times 10^6$ psia.



Dalam tahapannya pemilihan metode ini memiliki proses yang cukup panjang di karenakan mekanisme perubahan butilen menjadi asetaldehid.

Kelebihan dari proses ini adalah :

- Bahan baku yang digunakan sedikit (hanya etilen dan oksigen) jika dibandingkan dengan proses lainnya

Kekurangan dari proses ini adalah :

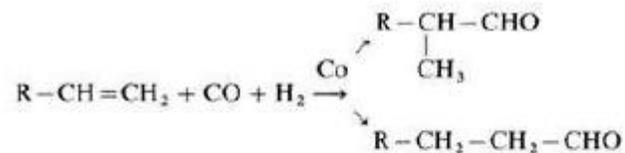
- Proses yang kompleks, sehingga membutuhkan lebih banyak alat proses
- Kebutuhan bahan baku yang lebih besar daripada proses lainnya

- Tekanan pada kondisi operasi yang cukup tinggi

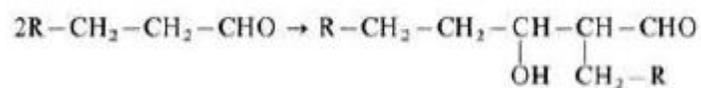
1.3.2. Proses Aldox

Secara singkat, proses Aldox terdiri dari proses hidroformilasi, aldolasi, dehidrasi, hingga proses hidrogenasi.

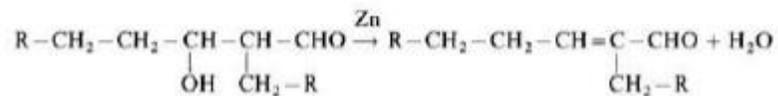
a. Hydroformylation



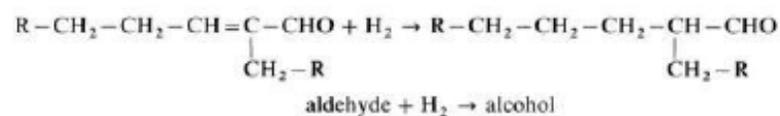
b. Aldolization



c. Dehydration



d. Hydrogenation



Proses Aldox dimulai dari kokatalis ditambahkan kedalam katalis oxo yang memungkinkan aldolasi terjadi pada fasa yang sama. Akibatnya, sesudah hidrogenasi terbentuk campuran yang mengandung 2-Etil Heksanol, isomer C₈, alkohol dan isobutanal

Kelebihan dari proses ini adalah :

- Proses Sederhana seperti proses oxo

Kekurangan dari proses ini adalah :

- Yield produk yang dihasilkan kecil karena reaksi aldolasi terjadi di fasa yang sama sehingga menghasilkan produk samping selain Etil Heksanol

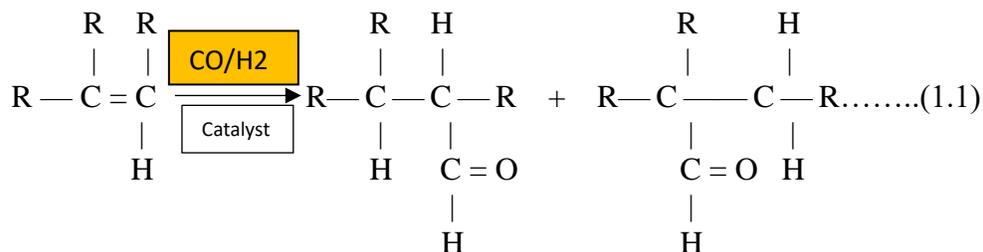
- Karena banyaknya produk samping, maka dibutuhkan proses separasi yang lebih panjang jika dibandingkan dengan proses lain
- Konversi dari reaksi rendah

1.3.3. Proses Shell

Proses ini memakai katalis hidroformilasi ligan termodifikasi yang memungkinkan operasi pada tekanan yang lebih rendah tapi kecepatan reaksi rendah dan sebagian dari propilena terkonversi menjadi propena

1.3.4. Proses Oxo (Sumber : Ernsr Wiebus Dkk, 1994)

Proses Oxo merupakan proses yang dikembangkan dengan nama lain yaitu *hydroformylation* yang menggunakan reaksi olefin dengan bahan baku utama berupa propilen. Hydrofomylation yang dikenal sebagai oxo synthesis atau oxo process, merupakan suatu proses industry untuk menghasilkan aldehydes dari alkena. Pada proses ini dilakukan dengan menambahkan senyawa formyl yaitu CHO dan sebuah atom hydrogen untuk membentuk carbon-carbon rantai ganda.



Proses Oxo itu sendiri terbagi menjadi 2 proses berdasarkan jenis katalis yang digunakan yaitu :

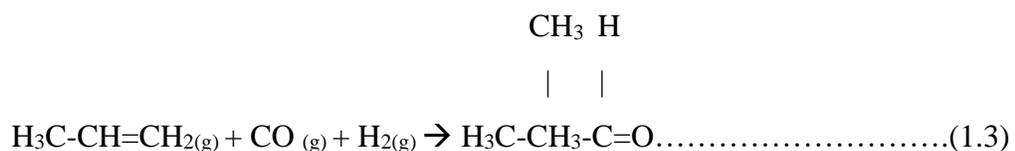
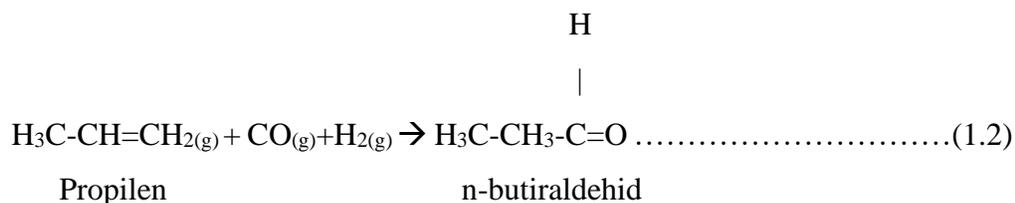
- **Proses Oxo Klasik (Sumber : Ernsr Wiebus Dkk, 1994)**

Seperti yang sudah dituliskan pada bagian perkembangan *2-ethyl hexanol* proses oxo pertama kali dijalankan pada era 1960 an melibatkan *cobalt carbonil* $\text{HCO}(\text{CO})_4$ sebagai bahan katalis di dalam proses hidroformilasi. Pada era proses oxo klasik reaksi dilakukan pada fase cair dengan kondisi reactor bertekanan sangat tinggi pada 200-300 atm dengan rentang temperature 150-200 °C. Reaksi ini memberikan

ratio nbutiraldehid dan i-butiraldehid antara 2:1 sampai 4:1. Produk aldehid yang dihasilkan dari reaksi hidroformilasi dipisahkan dalam suatu menara destilasi. N-butiraldehid yang dihasilkan dari hasil bawah menara dimasukkan dalam reaktor aldolisasi, untuk kemudian direaksikan dengan larutan alkali untuk menghasilkan 2 etil heksenal. 2-etil heksenal yang dihasilkan lalu dimasukkan dalam reaktor hidrogenasi. Reaksi hidrogenasi ini terdiri dari 2 tahap. Tahap pertama menghasilkan produk intermediet berupa 2-etil heksenal, sedangkan tahap kedua menghasilkan produk utama yaitu 2- Etil Heksanol.

- **Proses Ruhrchemie (Sumber : Ernsr Wiebus Dkk, 1994)**

Pada pertengahan tahun 1980-an, Ruhrchemie mengganti katalis kobalt karbonil dengan katalis Rhodium Triphenylphosphine yang terlarut dalam air. Teknologi ini dikembangkan bersama dengan Rhoune Poulenc. Campuran hidrogen dan karbonmonoksida dengan perbandingan 1:1 dikontakkan dengan propilen di dalam reaktor. Proses ini dijalankan pada tekanan rendah yaitu sekitar 10-100 atm dan temperatur berkisar antara 115-125°C. Ratio isomer nbutiraldehid : isobutiraldehid yang didapat lebih tinggi yaitu sekitar 20:1. Produk aldehid yang dihasilkan dari reaksi hidroformilasi dipisahkan dalam suatu menara destilasi. Nbutiraldehid yang dihasilkan dari hasil bawah menara dimasukkan dalam reaktor aldolisasi, untuk kemudian direaksikan dengan larutan alkali untuk menghasilkan 2 etil heksenal. 2-etil heksenal yang dihasilkan lalu dimasukkan dalam reaktor hidrogenasi. Reaksi hidrogenasi ini terdiri dari 2 tahap. Tahap pertama menghasilkan produk intermediate berupa 2 etil-heksenal, sedangkan tahap kedua menghasilkan produk utama yaitu 2-Etil heksanol.



Pada literasi yang lain didapatkan bahwa Feed berupa propylene diumpankan menuju ke hydroformylation dengan tekanan 1-6 MPA dan Temperatur 115 °C dengan penambahan syn gas dengan komposisi ratio mol (CO : H₂) yaitu (1:1) yang menghasilkan aldehyd berupa n-butanal dan i-butanal. Hydroformylation menggunakan katalis berupa rhodium pada sulfonated traryl phosphines dengan mole rasion 1:10 – 1 : 200, sistem katalis yang digunakan adalah berupa solution dengan ratio H₂O dan Katalis adalah 1:7 sampai dengan 1:25.



Kelebihan dari proses ini adalah :

- Menghasilkan konversi yang lebih tinggi (karena menggunakan katalis Rh/TPP yang terlarut dalam air). Menjadikan proses ini lebih sederhana jika dibandingkan dengan proses lain
- Harga bahan baku propilena yang lebih murah
- Kondisi operasi yang relatif rendah (karena menggunakan katalis Rh/TPP)

Kekurangan dari proses ini adalah :

- Harga katalis Rh/TPP mahal

1.3.3. Alasan Pemilihan Proses

Berdasarkan pertimbangan yang diberikan antara proses Oxo dan proses via asetaldehyd, maka di pilih proses oxo menjadi proses yang akan digunakan berdasarkan beberapa pertimbangan yield lebih tinggi menggunakan tahapan proses Oxo dibandingkan dengan via asetaldehyd, dengan tahapan proses Oxo yang lebih sedikit selanjutnya ketersediaan bahan baku propylene yang lebih mudah di dapatkan di Indonesia dibandingkan *ethylene*.

Tabel 1.1 Perbandingan Proses Pembuatan Etil HEksanol

Variabel	Oxo	Aldox	Via Asetaldehid
Yield	Yield yang dihasilkan oleh proses oxo lebih tinggi dibandingkan dengan Via Asetaldehid	Yield produk yang dihasilkan kecil karena reaksi aldolasi terjadi di fasa yang sama sehingga menghasilkan produk samping selain Etil Heksanol	Yield yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan via Oxo
Tahapan Proses	Melalui 3 tahapan yaitu <i>hydroformylation</i> , <i>aldolation</i> & <i>Hydrogenation</i>	Terdapat 4 tahapan proses yaitu proses hidroformilasi, aldolasi, dehidrasi, hingga proses hidrogenasi.	Terdapat 4 tahapan proses yaitu <i>converter to acetaldehyde</i> , <i>converter to n-butyraldehyd</i> , <i>Aldolation</i> , <i>Hydrogenation</i>
Bahan Baku	Menggunakan bahan baku <i>propylene</i> dengan pasar yang cukup luas dan ketersediaan yang besar di Indonesia.	Menggunakan bahan baku <i>propylene</i> dengan pasar yang cukup luas dan ketersediaan yang besar di Indonesia.	Menggunakan bahan baku <i>ethylene</i> dengan pengelolaan yang lebih sulit dan ketersediaan yang tidak sebesar <i>propylene</i>

Selain itu proses Oxo sendiri yang memiliki 2 jenis proses yang berbeda yaitu proses Ruhrchemie dan proses Oxo klasik. Dari sisi penggunaannya pun telah dijelaskan bahwa proses Oxo Ruhrchemie merupakan versi terbaru dari teknologi *hydroformylation*. Secara keseluruhan teknologi yang akan digunakan adalah proses Oxo Ruhrchemie karena mempunyai beberapa kelebihan yaitu dari sisi kondisi operasi

proses Oxo Ruhrchemie memiliki pemanfaatan temperature yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan proses klasi. Selain itu proses Oxo Ruhrchemie memiliki pemanfaatan tekanan yang lebih rendah dibandingkan proses oxo klasik. Hal ini menyebabkan energi yang dibutuhkan untuk mencapai tekanan dan temperatur yang diinginkan akan menjadi lebih rendah apabila menggunakan proses oxo Ruhrchemie.

Perbedaan katalis yang digunakan menjadi penyebab utama perbedaan produk yang dihasilkan pada proses oxo Ruhrchemie rario isomer n-butiraldehid : isobutiraldehid yang dihasilkan lebih tinggi sebanyak 20 :1 terhadap oxo klasik.

1.4. Tahapan Pembuatan 2-Ethyl Hexanol (Sumber :US Patent No. US 2010/0260647 A1)

a. Feed Preparation Unit (Hydroformylation)

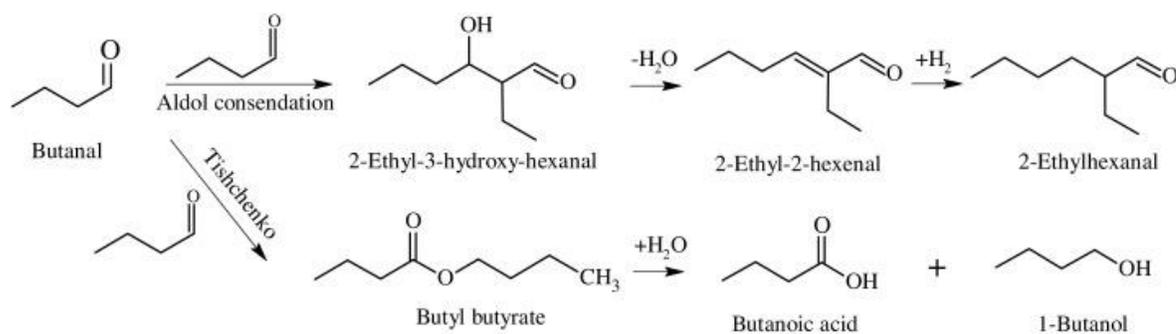
Feed berupa propylene diumpankan menuju ke hydroformulation reactor bubble dengan Tekanan 1-6 Mpa dan Temperature 115 °C dengan penambahan syn gas dengan komposisi (CO : H₂) (1:1) menghasilkan campuran n-butanal dan i-butanal. Hydroformylation menggunakan katalis rhodium : sulfonated traryl phosphines dengan mole rasion 1 :10 – 1:200. Volume ratio organic phase to aqueous phase is 1:7 sampai 1:25.

b. Separation Stage

Selanjutnya produk yang di dapatkan dari hydroformylation diharapkan berupa n-butanal akan di separasi di unit distilasi. Semua material yang memiliki boiling point yang lebih rendah dari n-Butanal (termasuk i-Butanal) akan di distilasi keluar dari hydroformylation reaction yaitu berupa carbon monoxide, hydrogen, propane dan propene. Sebaiknya disitilasi coloumn memiliki 100-120 plate secara theoritis. Dan impurities akan dihilangkan dari top coloumn. Campuran residue masih mengandung 1-3 % weight yang akan dikirimkan menuju ke Aldolasi reactor tanpa memerlukan purifikasi lagi.

c. Aldolation

Menggunakan bantuan dari sodium hydroxide yang pada tahap pertama akan menghasilkan butyraldol dimana reaksi akan menggunakan temperature pada 80-170 °C dan disarankan pada 130 °C sampai dengan 150 °C. Tekanan akan berkisar diantara 0.1-0.7 MPa. Waktu reaksi adalah dari 1-3 menit. Aqueou alkali hydroxide memiliki konsentrasi 0.5-5% berat. Pada unit ini akan menggunakan pengaduk pada equipped vesser or mixing pump kemudian menghasilkan 2-Ethyl-hexenal yang tidak larut di dalam air dan secara mudah terpisahkan dari aqueous phase setelah pendinginan.



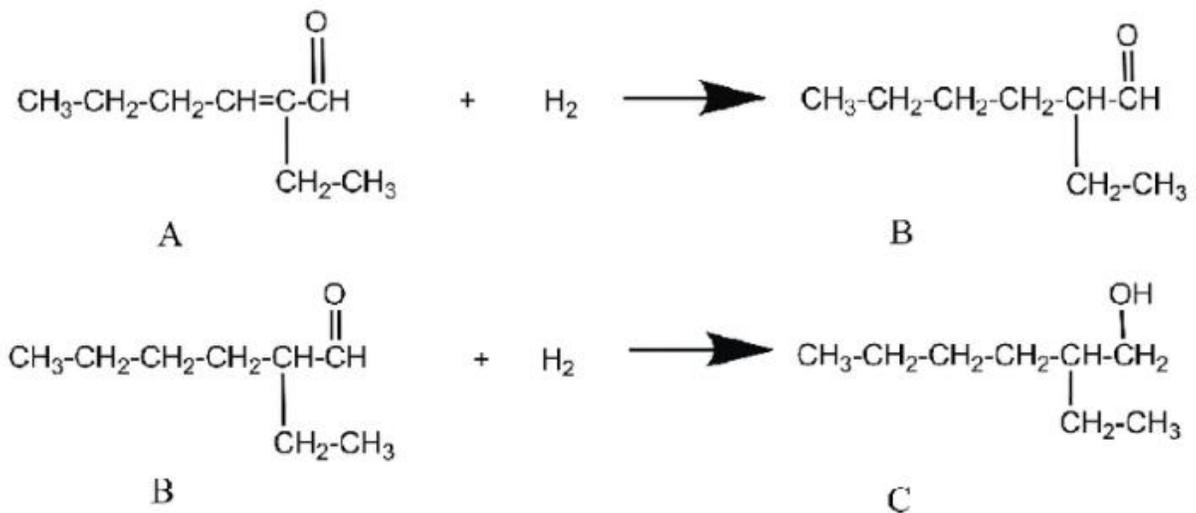
Gambar 1.1 Mekanisme Reaksi Aldolasi

d. Hydrogenation Unit

Hydrogenasi dari raw 2-ethyl-hexenal akan dilakukan dalam 2 subsequent stage. Secara spesifik pada penemuan ini, umpan akan dikirimkan pada gas phase dan kemudian pada liquid phase. Hexenal yang dihasilkan dari aldol condensation di panaskan sampai berubah phase menuju ke reactor dengan mode fixed bed untuk memberikan efek hydrogenase yang pertama. Walaupun tidak terlalu penting solvent seperti hydrocarbon, alcohol dan sejenis dapat digunakan.

Copper yang menjadi katalis 55-65 % berat digunakan. Kondisi temperature reactor adalah 140 – 165 °C. dengan tekanan yang mengikut temperature. Space velocity (ration liquid product volume to bulk catalyst volume per hour) disarankan antara 0.35-0.45 per hour. Dalam kondisi tersebut diketahui bahwa conversion dan selectivity adalah diatas 99%.

Hydrogenasi yang kedua menghasilkan liquid phase dengan penggunaan nickel sebagai catalyst. Temperature diperkirakan pada 100-180 °C dengan kondisi terbaik yaitu 125-135 °C. Tekanan berada diantara 1-10 MPa, dengan kondisi terbaik yaitu 2.0-3.0 MPa. Katalis akan memiliki kemampuan yang lebih baik pada 55-62 % berat nickel dari total katalis. Dengan support berupa purnice, alumunium oxide, kieselguhr, alum earth dan SiO2. Space velocity disarankan pada 0.8-1.3. Kemudian 2-Ethyl Hexanol dihasilkan dan dikirimkan menuju ke unit distilasi.



Gambar 1.2 Mekanisme Hydrogenasi

e. Purification Unit

Produk *2-Ethyl Hexanol* yang digunakan kemudian dikirimkan menuju ke distilasi untuk dilakukan pemurnian produk dengan kemurnian 97.7 % pada tahapan 3 distilasi

- Distilasi 1 : Umpan yang terdiri dari *Ethyl Hexanol*, *Unconverted Ethyl Hexanal* dan impurities dipisahkan. *Ethyl Hexanal* dan impurities akan keluar dari overhead pada temperature 95°C dan *Ethyl Hexanol* akan keluar dari *bottom* dengan temperature 165 °C dengan tekanan 400 mmHg
- Distilasi 2 : *Bottom Ethyl Hexanol* kemudian dikirim menuju ke distilasi 2 Untuk menghasilkan pure *Ethyl Hexanol* dari Overhead dan 50% *Ethyl*

Hexanol pada bottom dengan tekanan operasi 300-760 mmHg.

- Distilasi 3 : Memurnikan kembali *Ethyl Hexanol* yang keluar dari overhead dan Impurities yang keluar dari *Bottom* dengan tekanan operasi 100-250 mmHg.

1.5. Sifat-sifat Fisika & Kimia

a) Bahan Baku

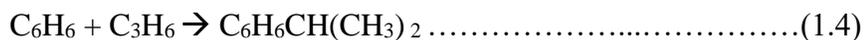
1 Propylene (Sumber : Perry, 1999)

<i>Physical Properties</i>	: C₃H₆
<i>Molecular Weight</i>	: 43.08
<i>Melting Point (°C)</i>	: -185
<i>Boiling Point (°C)</i>	: -48
<i>Flash Point (°F)</i>	: -162
<i>Critical Temperature (°C)</i>	: 91.76
<i>Critical Pressure (atm)</i>	: 46.13
<i>Critical Volume (cm³/mol)</i>	: 181
<i>Liquid Density at -50°C (gr/cc)</i>	: 0.612
<i>Specific Gravity (68°F)</i>	: 1,48
<i>Enthalpy of formation (kJ/mol)</i>	: 19.71
<i>Latent Heat of Vaporation (kJ/mol)</i>	: 18.49
<i>Bias index (n)</i>	: 1.3567
<i>Solubility at 20°C, 1 atm (ml gas/100 ml solven)</i>	
- <i>Water</i>	: 44.6
- <i>Ethanol</i>	: 1200
- <i>Asetat Acid</i>	: 524.5

Chemical Properties :

Berikut reaksi yang terjadi pada propylene :

- o Reaksi *Alylasi* terhadap Benzen dengan katalis AlCl₃ menghasilkan alkilbenzen.



- Reaksi klorinasi non katalitik propilen fasa gas pada temperatur 500°C dalam reaktor adiabatic



- Reaksi oksidasi dengan ammonia menghasilkan akrilonitril
- Reaksi chlorohidrisnasi pada 310 K menghasilkan *propylene oxide*

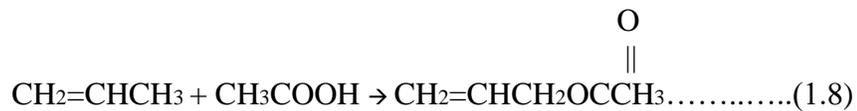


- Reaksi hidrolisa menghasilkan iopropil alcohol



- Reaksi *Stem Co-Cracking* dengan *ethane* dan *propane* menghasilkan *ethylene*

- Reaksi fase uap dengan *acetat acid* menghasilkan *alkyl chloride*



2 Hydrogen (Sumber : Perry, 1999)

<i>Physical Properties</i>	: H₂
<i>Phase (Ambient T,P)</i>	: Gas
<i>Molecular Weight</i>	: 2.016
<i>Melting Point (°C)</i>	: -259.1
<i>Boiling Point (°C)</i>	: -252.7
<i>Critical Temperature (°C)</i>	: -239.9
<i>Critical Pressure (atm)</i>	: 13.03
<i>Critical Volume (cm³/mol)</i>	: 64.2
<i>Critical Density (gr/ml)</i>	: 0.0352
<i>Viscosity (cp)</i>	: 0.013
<i>Specific Heat (g/mol°K)</i>	: 19.7
<i>Solubility at 80 °C (ml)</i>	: 0.85
<i>Heat of fusion (cal/mol)</i>	: 28

Heat of vaporation latent (kal/mol) : 216

Chemical Properties :

- Bereaksinya hydrogen dan halogen membentuk asam hidrohalogenida



- Reaksi dengan oksigen membentuk air



- Reaksi dengan karbon membentuk metana



- Reaksi dengan nitrogen membentuk ammonia



- Reaksi dengan logam membentuk logam hibrida



- Reaksi dengan oksida logam membentuk logam dan air



- Reaksi hidrogenasi ikatan tak jenuh



3 Carbon Monoxide (Sumber : Yaws, 1999)

<i>Physical Properties</i>	: CO
<i>Phase (Ambient T,P)</i>	: Gas
<i>Molecular Weight</i>	: 28.01
<i>Melting Point (°C)</i>	: -192
<i>Boiling Point (°C)</i>	: -207
<i>Gas Specific Gravity @ 21°C,1atm</i>	: 0.9676
<i>Critical Temperature (°C)</i>	: -140.08
<i>Critical Pressure (atm)</i>	: 34.99
<i>Critical Volume (cm³/mol)</i>	: 93.1
<i>Critical Density (gr/ml)</i>	: 18,79
<i>Heat of Formation (Kj/mol)</i>	: -110.525

Solubility at 20 °C, 1 atm (ml) : 2.32

Heat of fusion (cal/mol) : 200

Heat of vaporation latent (kal/mol) : 1444

Chemical Properties :

- Reaksi dengan hidrogen pada 230-400°C dan 50-600 atm membentuk methanol



- Reaksi dengan metanol dan asetilen menghasilkan asam akrilik
 $\text{HC}=\text{CH} + \text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_3 \dots\dots\dots(1.17)$

- Reaksi dengan metanol menghasilkan asam asetat
 $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} \dots\dots\dots(1.18)$

- Reaksi dengan formaldehid dan air pada 200°C dan 700 atm menghasilkan etilen glikol
 $\text{HCHO} + \text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCH}_2\text{COOH} \dots\dots\dots(1.19)$

- Reaksi dengan propilen dan *Syn Gas* menghasilkan Butyraldehyde
 $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{CO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_8\text{O} \dots\dots\dots(1.20)$

- Reaksi dengan klorin dan katalis karbon aktif menghasilkan *Carbonyl Chloride (Phosgen)*.
 $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{COCl}_2 \dots\dots\dots(1.21)$

4 Natrium Hydroxide (Sumber : Othmer, 1999)

Physical Properties : **NaOH**

Phase (Ambient T,P) : Liquid

Molecular Weight : 39,99

Melting Point (°C) : 323

Boiling Point (°C) : 1388

Freezing Point (°C), 1 atm : 318.4

Latent Heat @ 25 (°C) (BTU/Lb) : 76.5

Specific Heat @25 (°C) (kkal/mol°C): 19.2

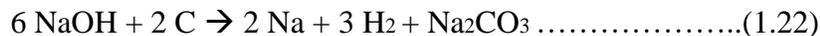
Specific Gravity @ 20°C, 1atm : 2.13

Std Heat of Formation (Kj/mol) : -425.8

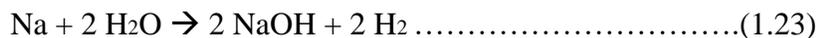
Vapor Pressure @ 20 (°C)(kPa) : 2.4

Chemical properties :

- Pemanasan pada temperatur 1000 °C dengan pencampuran carbon akan membentuk *metallic Sodium*.



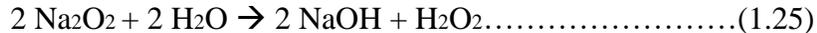
- Sodium Hidroksida mengalami ionisasi menjadi $\text{Na}^+ + \text{OH}^-$
- Pembentukan Sodium Hidroksida dengan mereaksikan Sodium dengan air



- Pembentukan Sodium Hidroksida dapat juga dari mereaksikan Sodium Peroksida dengan air pada temperatur tinggi



- Pada temperatur rendah akan terbentuk Hidrogen Peroksida



b) Produk/Bahan Intermediet

1. n-Butyraldehyd (Sumber : Perry, 1999)

Molecular Formula : $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$

Physical Properties :

- *Phase* : Liquid

- *Molecular Weight (g/gmol)* : 72 g/gmol

- *Freezing Point (°C)* : -96,4

- *Boiling Point (°C)* : 74,8

- *Critical Temperatur (°C)* : 263.95

- *Critical Pressure (kPa)* : 4000

- *Critical Volume (m³/kgmol)* : 0.258

- *Liquid Density @20°C (kg/m³)* : 801.6

- *Solubility On Water (mL air)* : 0.008

Chemical Properties :

- Bereaksi dengan H₂ membentuk alkohol.
- Mengalami reaksi adisi gugus HCN membentuk sianohidrin dalam suasana basa.
- Bereaksi dengan amina primer membentuk senyawa amina.
- Bereaksi dengan NaOH dalam air melalui suatu reaksi aldol kondensasi membentuk senyawa aldol.

2. 2-Ethyl-Heksenal (Sumber : Perry, 1999)

Molecular Formula : C₈H₁₄O

Physical Properties :

Others Name : *Ethyl Propyl Acrolein*
2-Ethyl-3-Propyl Acrylaldehyde

Molecular Weight (g/mol) : 126.22

Vapour Pressure @20°C(mmHg) : 1

Boiling Point @101.3kPa(°C) : 379.52

Viscosity @20(cp) : 0.113

Solubility on water (g/ml) : 0.0007

Specific Gravity : 0.8515

Chemical Properties :

Digunakan dalam industri insektisida, dan juga sebagai *intermediate* dalam sintesa organik, selain itu berfungsi sebagai bahan antimikroba. Menyebabkan iritasi jika kontak dengan kulit dan mata.

3. 2-Ethyl-Hexanal (Sumber : Perry, 1999)

Molecular Formula : C₈H₁₆O

Physical Properties :

Others Name : *2-Ethyl-2-Ethylhexaldehyde*
2-Ethylhexylaldehyde

Molecular Weight (g/mol) : 128,21

Vapour Pressure @20°C(mmHg) : 1

<i>Boiling Point @101.3kPa(°C)</i>	: 377.66
<i>Viscosity @20 °C (cp)</i>	: 1.0527
<i>Critical Temperature (°K)</i>	: 607
<i>Critical Pressure (bar)</i>	: 25.8
<i>Critical Volume (cm³/mol)</i>	: 474
<i>Liquid Density @ 25 °C (g/cm³)</i>	: 0.819
<i>Flash Point °C</i>	: 68
<i>Chemical Properties</i>	:

Berbahaya jika terhirup dalam pernafasan, bisa menyebabkan iritasi jika kontak dengan kulit dan mata.

c) Produk

- **2-Ethyl Hexanol** (Sumber : Perry, 1999)

<i>Molecular Formula</i>	: C ₈ H ₁₈ O
<i>Physical Properties</i>	:
<i>Molecular Weight</i>	: 130.2
<i>Freezing Point (°K)</i>	: 203.15
<i>Boiling Point @101.3 kPa (°K)</i>	: 413.84
<i>Flash Point (°F)</i>	: 75
<i>Critical Temperature (°K)</i>	: 640.25
<i>Critical Pressure (atm)</i>	: 27.3
<i>Critical Volume (cm³/mol)</i>	: 485
<i>Liquid Density at -25°C(gr/cm³)</i>	: 0.832
<i>Chemical Properties</i>	:

- Mudah terbakar
- Beracun, jika terhirup bisa menyebabkan batuk, sakit kepala, sakit tenggorokan, iritasi kulit dan mata.
- Mengalami beberapa reaksi seperti :
 - o Hidrasi katalitik membentuk butena.
 - o Esterifikasi dengan asam organik membentuk ester.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, G. G., Foust, A. S., Katz, R. L., Schneidewind, R., Wood, W. P., & Brown, G. M. (1950). *George Granger Brown - Unit Operations*.
- Couper, J. R., Penney, W. R., Fair, J. R., & Walas, S. M. (2012). Chemical Process Equipment. In *Chemical Process Equipment*.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-396959-0.00001-x>
- Davis, M. E., & Davis, R. J. (2003). The Basics of Reaction Kinetics for Chemical Reaction Engineering. *Fundamentals of Chemical Reaction Engineering*, 1–52. <http://resolver.caltech.edu/CaltechBOOK:2003.001>
- Gunther Kessen, O., Boy Conils, H., Duisburg, W. G., & Wiebus, E. (1987). *Producing Ethyl Hexanol*
- McCabe, W. L. 1995. *Unit Operation of Chemical Engineering*. McGraw-Hill: New York.
- Kern, D. Q. (1965). Process Heat Transfer. In *McGraw-Hill International Editions*.
- Megsey, E. F. (2001). *Vessel handbook*. Pressure Vessel Publishing, Inc.
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineering's Handbook*. McGraw-Hill: New York.
- Peters, M. S., dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. McGraw-Hill: New York.
- Rahmawati, N., & Agustina, L. (2007). *Prarancangan Pabrik 2-Etil Heksanol Proses Ruhrchemie AG. Dari Propilen dan Gas Sintesa Kapasitas 100.000 Ton/Tahun*. 1–462.
- Simnot, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Vol. 6 Fourth Edition: Chemical Engineering Design*. Elsevier Butterworth-Heinemann: Oxford.
- The Engineering Toolbox. (2017). *Gas Density , Molecular Weight and Density Gas Density , Molecular Weight and Density*. 14–15.
- Treyball, R. E. 1987. *Mass Transfer Operation, Reissue Edition*. McGraw-Hill Book: New York.

Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*.
Butterworth Heinemann: New York.

Yaws, C. L. (1999). *Yaws-chemical-properties-handbook-pdf.pdf* (p. 772).

Yaws, C. L. (2014). Transport Properties of Chemicals and Hydrocarbons: Second Edition. In *Transport Properties of Chemicals and Hydrocarbons: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-12644-X>