

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN ISOBUTANOL
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti
Ujian Sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

OLEH :

KAILA TRY PUTRI SALSABILA (03031382126098)

NAZHIRA HALIZA (03031382126099)

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN
PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN ISOBUTANOL
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh :

Kaila Try Putri Salsabila (03031382126098)

Nazhira Haliza (03031382126099)

Palembang, Juli 2025
Pembimbing,



Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU.
NIP. 195610241981032001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi dengan Judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Isobutanol Kapasitas 35.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan Kaila Try Putri Salsabila dan Nazhira Haliza dihadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 23 Juni 2025.

Palembang, Juli 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi

1. Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197505112000122001

()

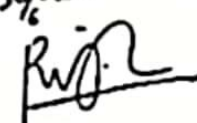
2. Dr. Ir. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si.

NIP. 198606292008122002

()

3. Ir. Rizka Wulandari Putri, S.T., M.T.

NIP. 199007112019032018

(^{30/6/2025}
)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Palembang, Juli 2025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM,
NIP. 197502012000122001



Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU,
NIP. 195610241981032001

HALAMAN PERBAIKAN

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi dengan judul “ Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Isobutanol Kapasitas 35.000 Ton/Tahun” oleh Kaila Try Putri Salsabila dan Nazhira Haliza telah diperbaiki sesuai dengan arahan/tugas perbaikan dari dosen Penguji dan Pembimbing.

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

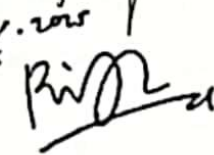
1. Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197505112000122001

()

2. Dr. Ir. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si.
NIP. 198606292008122002

()

3. Ir. Rizka Wulandari Putri, S.T., M.T.
NIP. 199007112019032018

()

Palembang, Juli 2025

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU.
NIP. 195610241981032001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Kaila Try Putri Salsabila

NIM : 03031382126098

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Isobutanol dengan Kapasitas 35.000
Ton/Tahun

Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

Menyatakan sesungguhnya bahwa Karya Ilmiah berbentuk Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Nazhira Haliza didampingi Dosen Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Karya ilmiah ini adalah benar dan sesuai dengan kenyataannya. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam Skripsi ini atau pemalsuan dokumen, maka saya bersedia menerima konsekuensi hukum dan sanksi dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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

Palembang, Juni 2025



Kaila Try Putri Salsabila
NIM. 03031382126098



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISE

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Nazhira Haliza
NIM : 03031382126099
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Isobutanol dengan Kapasitas 35.000
Ton/Tahun
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

Menyatakan sesungguhnya bahwa Karya Ilmiah berbentuk Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Kaila Try Putri Salsabila didampingi Dosen Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Karya ilmiah ini adalah benar dan sesuai dengan kenyataannya. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam Skripsi ini atau pemalsuan dokumen, maka saya bersedia menerima konsekuensi hukum dan sanksi dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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

Palembang, Juni 2025



Nazhira Haliza

NIM. 03031382126099



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala berkat limpahan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Isobutanol dengan Kapasitas 35.000 Ton/Tahun”. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan tugas akhir penulis tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Penulis telah banyak menerima bimbingan, petunjuk, bantuan, dan dorongan yang bersifat moral maupun materi. Diucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada

- 1) Allah SWT karena dengan ridho-Nya kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
- 2) Kedua orang tua penulis dan teman-teman yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk kasih sayang, perhatian, semangat, dan doa yang tiada henti hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
- 3) Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M. T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU selaku dosen pembimbing tugas akhir atas saran dan bimbingannya.
- 5) Dr. Fitri Hadiyah, S.T., M.T., IPM. selaku Sektetaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Palembang, 09 Juni 2025

Penulis

ABSTRAK

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ISOBUTANOL DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Kaila Try Putri Salsabila dan Nazhira Haliza; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan isobutanol dengan kapasitas produksi 35.000 ton/tahun direncanakan pembangunannya pada tahun 2029 yang berlokasi di Tanjung Laga, Provinsi Sumatera Selatan seluas 4,2 Ha. Operasi pabrik berjalan selama 24 jam/hari dalam 300 hari/tahun. Komoditi isobutanol yang diproduksi mengacu pada US Patent No. 2023/0265030 A1. Reaktor yang digunakan dalam pembuatan produk adalah Multitubed Fixed Bed Reaktor. Pabrik pembuatan isobutanol ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) menggunakan system organisasi Line and Staff, jumlah karyawan yang bekerja yaitu 110 orang yang dipimpin oleh satu direktur utama. Berdasarkan Analisa ekonomi yang telah dilakukan, pabrik isobutanol ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi parameter ekonomi sebagai berikut :

- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 20,351,999.07
- *Annual Cash Flow (ACF)* = US\$ 14,216,382.19
- *Total Production Cost (TPC)* = US\$ 49,002,618.24
- Hasil penjualan per tahun = US\$ 68,151,300.00
- *Break Even Point (BEP)* = 22,73%
- *Rate of Return (ROR)* = 61,16%
- *Pay Out Time (POT)* = 1,986 Tahun
- *Service Life* = 11 Tahun

Kata Kunci: Isobutanol, *Multitubed Fixed Bed Reaktor*, Oxo Sintesis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan Isobutanol	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik Isobutanol.....	3
1.4. Sifat Fisik dan Kimia Senyawa	4
1.5. Proses Pembuatan Isobutanol.....	9
BAB II.....	12
PERENCANAAN PABRIK	12
2.1. Alasan Pendirian Pabrik.....	12
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi.....	13
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	15
2.4. Pemilihan Proses	16
2.5. Uraian Proses	16
BAB III	20
LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	20
3.1. Lokasi Pabrik	20
3.2. Tata Letak Pabrik	22

3.3	Luas Area Pabrik.....	23
BAB IV		26
NERACA MASSA DAN NERACA PANAS		26
4.1.	NERACA MASSA	26
4.2.	NERACA PANAS.....	34
BAB V.....		42
UTILITAS.....		42
5.1.	Kebutuhan Air.....	42
5.1.1.	Air Pendingin	42
5.1.2.	Air Umpan Ketel.....	44
5.1.3.	Air Bersih untuk Domestik	45
5.1.4.	Total Air Baku.....	45
5.2.	Kebutuhan Steam	46
5.3.	Kebutuhan Listrik.....	46
5.3.1.	Kebutuhan Listrik untuk Peralatan.....	46
5.3.2.	Kebutuhan Listrik untuk Perumahan dan Perkantoran	47
5.3.3.	Kebutuhan Listrik Untuk Pabrik	47
5.3.4.	Total Kebutuhan Listrik	48
5.4.	Kebutuhan Bahan Bakar	48
5.4.1.	Kebutuhan Bahan Bakar Generator	48
5.4.2.	Kebutuhan Bahan Bakar Boiler	49
5.4.3.	Total Kebutuhan Bahan Bakar	50
BAB VI		51
SPESIFIKASI PERALATAN.....		51
BAB VII.....		92
ORGANISASI PERUSAHAAN.....		92
7.1.	Bentuk Perusahaan.....	92
7.2.	Struktur Organisasi	92
7.3.	Tugas dan Wewenang.....	93
7.3.1.	Dewan Komisaris	93

7.3.2. Direktur	93
7.3.3. Direktur Teknik dan Produksi	94
7.3.4. Direktur Keuangan dan Pemasaran	94
7.3.5. Kepala Bagian	95
7.3.6. Kepala Seksi	95
7.3.7. Operator/Karyawan	96
7.4. Sistem Kerja	96
7.5. Penentuan Jumlah Buruh	97
BAB VIII	101
ANALISA EKONOMI	101
8.1. Keuntungan (Profitability)	102
8.2. Lama Waktu Pengembalian Pinjaman	103
8.2.1. Kemampuan Pengangsuran Pinjaman	103
8.2.2. Pay Out Time (POT)	104
8.3. Total Modal Akhir	104
8.3.1. Net Profit Over Total Life of the Project	105
8.3.2. Total Capital Sink (TCS)	106
8.4. Laju Pengembalian Biaya (Rate of Return)	106
8.4.1. Rate of Return on Investment (ROR)	106
8.4.2. Discounted Cash Flow of the Return (DCF -ROR)	107
8.5. Break Even Point (BEP)	108
BAB IX	111
KESIMPULAN	111
DAFTAR PUSTAKA	112

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Perbandingan Proses Pembuatan Isobutanol.....	11
Tabel 2. 1. Data Impor Isobutanol di Indonesia.....	14
Tabel 7. 1. Perincian Jumlah Karyawan.....	100
Tabel 8. 1. Angsuran Pinjaman Bank	104
Tabel 8. 2. DCF-ROR	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Grafik Volume Impor Isobutanol ke Indonesia.....	15
Gambar 3. 1. Lokasi Pabrik Isobutanol.....	22
Gambar 3. 2. Tata Letak Pabrik Isobutanol	24
Gambar 3. 3. Tata Letak Alat.....	25
Gambar 7. 1. Diagram struktur organisasi perusahaan.....	96
Gambar 8. 1. Grafik Break Even Point.....	110

DAFTAR NOTASI

1. Accumulator

C	: Tebal korosi yang diizinkan
D	: Diameter Accumulator, m
E	: Effisiensi penyambungan
ID,OD	: Inside diameter dan Outside diameter
L	: Panjang akumulator, m
P	: Tekanan operasi, atm
S	: WORKing stress yang diizinkan, at
t	: Tebal dinding accumulator, m
T	: Temperatur operasi, $^{\circ}\text{C}$
V _t	: Volume total, m^3
V _e	: Volume elipsoidal, m^3
V _s	: Volume Silinder, m^3

2. Condenser

A	: Area perpindahan panas, ft^2
a _a , a _p	: Area alir pada annulus, inner pipa, ft^2
a _s a _t	: Area alir pada pipa dalam, ft^2
a	: External surface per in feet, $\text{ft}^2/\text{lin ft}$
B	: Baffle spacing, in
C	: Clearance antar tube, in
D	: Diameter dalam tube, in
D _e	: Diameter Ekivalen, in
f	: Faktor friksi, ft/in
G _a	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa luar, lb/hr ft^2
G _p	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa dalam, lb/hr ft^2
G _s	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa luar, lb/hr ft^2
G _t	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa dalam, lb/hr ft^2
g	: Kecepatan Gravitasi

h	: Koefisien perpindahan panas, Btu/hr ft ² °F
h_i, h_o	: Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan bagian luar tube, Btu/hr ft ² °F.
jH	: Faktor perpindahan panas
k	: Konduktivitas thermal, Btu/hr ft ² (°F/ft).
L	: Panjang tube pipa, ft.
LMTD	: Logaritma mean temperatur difference, °F
N	: Jumlah tube baffles
N_T	: Jumlah tube
n	: Jumlah pass
P_T	: Tube Pitch, in
P_1	: Return drop shell, psia
P_S	: Penurunan Tekanan total pada tube, psia
Q	: Beban panas Heat Exchanger, Btu/hr
R_d	: Dirt Factor, hr ft ² °F/Btu
R_C	: Bilangan Reynold, D_{less}
S	: Spesific Gravity
T_1, T_2	: Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t_1, t_2	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T_{avg}	: Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_a	: Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U	: Koefisien perpindahan panas
U_c, U_D	: Clean Overall Coeffisien, design overall coeffisien, Btu/hr ft ² °F
v	: Kecepatan alir, ft ² /s
L	: Panjang Pipa
D_e	: Equivalent Diameter (ft)

3. Cooler

A	: Area perpindahan panas, ft ²
a_a, a_p	: Area alir pada annulus, inner pipa, ft ²

a_s, a_t	: Area alir pada shell tube, ft^2
a	: External surface per in feet, $\text{ft}^2/\text{lin ft}$
B	: Baffle spacing, in
C	: Clearance antar tube, in
D	: Diameter dalam tube, in
D_e	: Diameter Ekivalen, in
F	: Faktor friksi, ft/in
G_a	: Kecepatan alir massa fluida pada annulus, lb/hr ft^2
G_p	: Kecepatan alir massa fluida pada inner pipa, lb/hr ft^2
G_s	: Kecepatan alir massa fluida pada shell, lb/hr ft^2
G_t	: Kecepatan alir massa fluida pada tube, lb/hr ft^2
g	: Kecepatan Gravitasi
h	: Koefisien perpindahan panas, $\text{Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$
	h_i, h_o : Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan bagian luar tube, $\text{Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$.
j_H	: Faktor perpindahan panas
k	: Konduktivitas thermal, $\text{Btu/hr ft}^2 (^\circ\text{F/ft})$.
L	: Panjang tube pipa, ft.
LMTD	: Logaritma mean temperatur difference, $^\circ\text{F}$
N	: Jumlah tube baffles
N_T	: Jumlah tube
n	: Jumlah pass
P_T	: Tube Pitch, in
P_1	: Return drop shell, psia
P_s	: Penurunan Tekanan total pada tube, psia
Q	: Beban panas Heat Exchanger, Btu/hr
R_d	: Dirt Factor, $\text{hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/Btu}$
R_C	: Bilangan Reynold, D_{less}
S	: Spesific Gravity
T_1, T_2	: Temperatur fluida panas inlet, outlet, $^\circ\text{F}$

t_1, t_2	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T_{avg}	: Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_a	: Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U	: Koefisien perpindahan panas
U_c, U_D	: Clean Overall Coefficient, design overall coefficient, Btu/hr ft ² °F
v	: Kecepatan alir, ft ² /s
L	: Panjang Pipa
D_e	: Equivalent Diameter (ft)

4. Heater

A	: Area perpindahan panas, ft ²
a_a, a_p	: Area alir pada annulus, inner pipa, ft ²
a_s, a_t	: Area alir pada pipa dalam, ft ²
a	: External surface per in feet, ft ² /lin ft
B	: Baffle spacing, in
C	: Clearance antar tube, in
D	: Diameter dalam tube, in
D_e	: Diameter Ekuivalen, in
F	: Faktor friksi, ft/in
G_a	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa luar, lb/hr ft ²
G_p	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa dalam, lb/hr ft ²
G_s	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa luar, lb/hr ft ²
G_t	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa dalam, lb/hr ft ²
g	: Kecepatan Gravitasi
h	: Koefisien perpindahan panas, Btu/hr ft ² °F
h_i, h_o	: Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan bagian luar tube, Btu/hr ft ² °F.
j_H	: Faktor perpindahan panas
k	: Konduktivitas thermal, Btu/hr ft ² (°F/ft).
L	: Panjang tube pipa, ft.

LMTD	: Logaritma mean temperatur difference, °F
N	: Jumlah tube baffles
N _T	: Jumlah tube
n	: Jumlah pass
P _T	: Tube Pitch, in
P ₁	: Return drop shell, psia
P _s	: Penurunan Tekanan total pada tube, psia
Q	: Beban panas Heat Exchanger, Btu/hr
R _d	: Dirt Factor, hr ft ² °F/Btu
R _C	: Bilangan Reynold, D _{less}
S	: Spesific Gravity
T ₁ , T ₂	: Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t ₁ , t ₂	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T _{avg}	: Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t _a	: Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U	: Koefisien perpindahan panas
U _c , U _D	: Clean Overall Coeffisient, design overall coeffisien, Btu/hr ft ² °F
v	: Kecepatan alir, ft ² /s
L	: Panjang Pipa
De	: Equivalent Diameter (ft)

5. Kolom Destilasi

A _a	: Active area, m ³
A _d	: Downcommer, m ³
A _{da}	: Area under apron, m ³
A _h	: Hole area, m ³
A _T	: Tower area, m ³
D _t	: Diameter tower, m
E _o	: Efisiensi tray
E	: Total entrainment, kg/det

Flv	: Parameter aliran liquid
H	: Tinggi kolom
Uf	: Forth velocit, acroos palte, m/s
V	: Laju alir massa uap, kg/jam
Vd	: Downcommer velocity, m/s
$\mathfrak{S}$	: Relativ volatiliti
Pdry	: Dry tray pessure drop, cm
Rmin	: Actual refluks
S	: Jumlah tray teoritis.

6. Pompa

A	: Area alir pipa, in ²
ID	: Inside diameter pipa, in
Di,opt	: Diameter optimum pipa, in
gc	: Percepatan gravitasi, ft/S ²
f	: Faktor Friksi
H _{f,suc}	: Total friksi pada suction, ft
H _{f,Dis}	: Total friksi pada discharge, ft
Kc,Ks	: Contraction, ekspansion loss contraction, ft
L	: Panjang pipa, m
Le	: Panjang ekivalen pipa, ft
Pvp	: Tekanan uap, psi
Qf	: Laju alir volumetrik
NRe	: Reynold Number, dimension less
Vf	: Kapasitas Pompa, lb/jam
V	: Kecepatan alir
GPM	: Gallon per Minute
FK	: Faktor Keamanan
E	: Equivalent Roughtness
H _{FS}	: Skin frictions loss

GV	: Glove Valve
Hf Suc	: Total Suction friction loss
Hfc	: Sudden Contraction Friction Loss (ft lbf/lbf)
Hfe	: Sudden Expansion Friction Loss (ft lbf/lbf)
NPSH	: Net Positive Suction Head (ft)
BHP	: Brake Horse power (HP)

7. Reaktor

μ	: Viscositas, cp
T	: Temperatur reaksi, ° C
P	: Tekanan, KN/m ²
X	: Konversi
CAo	: Konsentrasi mula-mula, kmol/jam
Fao	: laju alir molar mula-mula, kmol/jam
C	: Korosi yang diizinkan, m
Q	: Panas yang dibutuhkan, Btu
Qo	: Laju alir umpan
MA	: Mr senyawa A
Ea	: Energi Aktivasi, kkal/kmol
-rA	: Kecepatan Reaksi, kmol/m ³ jam
CA	: Konsentrasi setelah waktu t, kmol/m ³
CAo	: Konsentrasi awal bahan baku (A), kmol/m ³
CBo	: Konsentrasi awal bahan baku (B), kmol/m ³
E	: Effisiency pengelasan, tak berdimensi
DT	: Diameter tangki
G	: Laju aliran massa umpan, kg/jam
Gc	: Konstanta garvitasi
DR	: Diameter reactor, m
AR	: Area shell reaktor, m ²
Ve	: Volume head, m ³

V_r	: Volume reaktan dalam tube, m^3
V_K	: Volume katalis dalam tube, m^3
V_T	: Volume tube, m^3
V_S	: Volume steam, m^3
V_{RS}	: Volume shell reaktor, m^3
H_s	: Tinggi Silinder Reaktor, m
L_t	: Panjang tube, m
K	: Konstanta kecepatan reaksi, $m^3/mol \cdot det^{-1}$
H_T	: Tinggi reaktor, m
ρ	: Densitas, lb/ft^3
R	: Konstanta gas ideal, $kcal/kmol \cdot K$
S	: Working stress yang diizinkan
t	: Waktu reaksi, m
t	: Tebal reaktor, cm

8. Reboiler

A	: Area perpindahan panas, ft^2
a_a, a_p	: Area alir pada annulus, inner pipa, ft^2
a_s, a_t	: Area alir pada pipa dalam, ft^2
a	: External surface per in feet, $ft^2/lin \cdot ft$
B	: Baffle spacing, in
C	: Clearance antar tube, in
D	: Diameter dalam tube, in
D_e	: Diameter Ekuivalen, in
F	: Faktor friksi, ft/in
G_a	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa luar, $lb/hr \cdot ft^2$
G_p	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa dalam, $lb/hr \cdot ft^2$
G_s	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa luar, $lb/hr \cdot ft^2$
G_t	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa dalam, $lb/hr \cdot ft^2$
g	: Kecepatan Gravitasi

h	: Koefisien perpindahan panas, Btu/hr ft ² °F
h_i, h_o	: Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan bagian luar tube, Btu/hr ft ² °F.
j_H	: Faktor perpindahan panas
k	: Konduktivitas thermal, Btu/hr ft ² (°F/ft).
L	: Panjang tube pipa, ft.
LMTD	: Logaritma mean temperatur difference, °F
N	: Jumlah tube baffles
N_T	: Jumlah tube
n	: Jumlah pass
P_T	: Tube Pitch, in
P_1	: Return drop shell, psia
P_S	: Penurunan Tekanan total pada tube, psia
Q	: Beban panas Heat Exchanger, Btu/hr
R_d	: Dirt Factor, hr ft ² °F/Btu
R_C	: Bilangan Reynold, D_{less}
S	: Spesific Gravity
T_1, T_2	: Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t_1, t_2	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T_{avg}	: Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_a	: Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
U	: Koefisien perpindahan panas
U_c, U_D	: Clean Overall Coeffisien, design overall coeffisien, Btu/hr ft ² °F
v	: Kecepatan alir, ft ² /s
L	: Panjang Pipa
D_e	: Equivalent Diameter (ft)

9. Tangki

C	: Tebal korosi yang diizinkan
D	: Diameter tangki, m

E	: Effisiensi penyambungan, dimensionless
H	: Tinggi head, m
H	: Tinggi silinder, m
H _t	: Tinggi total tangki, m
P	: Tekanan Operasi, atm
S	: Working Stress yang diizinkan, psi
T	: Temperatur operasi, K
T	: Lama persediaan/penyimpanan, hari
V _e	: Volume Ellipsoidal head, m
V _s	: Volume silinder, m ³
V _t	: Volume tanki, m ³
W	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas, kg/m ³

10. Kompresor

P _i	: Tekanan Input (atm)
P _o	: Tekanan Output (atm)
T _i	: Temperatur input
T _o	: Temperatur Output
k	: C _v /C _p
q	: Kapasitas Kompresor
P	: Power Kompresor (HP)
η	: Efisiensi
V	: Volumetrik gas masuk
ρ	: Densitas
V	: Volume
W	: Kerja Kompresor
HP	: Daya Kompresor
Q	: Panas Kompresor
M	: Masa air pendingin

Cp : Kapasitas Panas

11. Vaporizer

A	: Area perpindahan panas, ft^2
a_a, a_p	: Area alir pada annulus, inner pipa, ft^2
a_s, a_t	: Area alir pada pipa dalam, ft^2
a	: External surface per in feet, $\text{ft}^2/\text{lin ft}$
B	: Baffle spacing, in
C	: Clearance antar tube, in
D	: Diameter dalam tube, in
D_e	: Diameter Ekivalen, in
f	: Faktor friksi, ft/in
G_a	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa luar, lb/hr ft^2
G_p	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa dalam, lb/hr ft^2
G_s	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa luar, lb/hr ft^2
G_t	: Kecepatan alir massa fluida pada pipa dalam, lb/hr ft^2
g	: Kecepatan Gravitasi
h	: Koefisien perpindahan panas, $\text{Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$
h_i, h_o	: Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan bagian luar tube, $\text{Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$.
jH	: Faktor perpindahan panas
k	: Konduktivitas thermal, $\text{Btu/hr ft}^2 (^\circ\text{F/ft})$.
L	: Panjang tube pipa, ft.
LMTD	: Logaritma mean temperatur difference, $^\circ\text{F}$
N	: Jumlah tube baffles
N_T	: Jumlah tube
n	: Jumlah pass
P_T	: Tube Pitch, in
P_1	: Return drop shell, psia
P_s	: Penurunan Tekanan total pada tube, psia

Q	: Beban panas Heat Exchanger, Btu/hr
R_d	: Dirt Factor, $\text{hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/Btu}$
R_c	: Bilangan Reynold, D_{less}
S	: Spesific Gravity
T1, T2	: Temperatur fluida panas inlet, outlet, $^\circ\text{F}$
t1, t2	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, $^\circ\text{F}$
Tavg	: Temperatur rata-rata fluida panas, $^\circ\text{F}$
t_a	: Temperatur rata-rata fluida dingin, $^\circ\text{F}$
U	: Koefisien perpindahan panas
U_c, U_D	: Clean Overall Coeffisient, design overall coeffisien, $\text{Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$
v	: Kecepatan alir, ft^2/s
L	: Panjang Pipa
De	: Equivalent Diameter (ft)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN NERACA MASSA	114
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	188
LAMPIRAN 3 SPESIFIKASI PERALATAN.....	264
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN EKONOMI.....	551
LAMPIRAN 5 TUGAS KHUSUS	560

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan maupun perkembangan di bidang industri yang di Indonesia terus menunjukkan peningkatan sejalan dengan semakin bertambahnya permintaan produk, salah satunya kebutuhan sumber energi. Bahan bakar menjadi salah satu elemen penting yang dibutuhkan untuk berbagai aktivitas harian masyarakat. Meningkatnya permintaan bahan bakar seiring dengan kemajuan teknologi yang telah mendorong pertumbuhan industri secara signifikan. Upaya memenuhi kebutuhan bahan bakar disertai dengan produksi aditif memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitasnya.

Bahan tambahan yang dicampurkan dengan bensin meningkatkan angka oktannya adalah isobutanol. Isobutanol merupakan bahan tambahan yang dapat dicampurkan langsung dengan bensin untuk meningkatkan angka oktannya. Selain itu, isobutanol juga bisa digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bakar konvensional. Isobutanol memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan etanol sebagai bahan bakar karena isobutanol memiliki densitas yang tinggi serta volatilitas dan higroskopisitas yang lebih rendah (Sherkhanov dkk, 2020).

Keunggulan yang dimiliki isobutanol dibanding etanol yaitu tekanan uap isobutanol lebih rendah dari etanol sehingga dapat memperkecil kecenderungan korosi pada pipa dan tangki bahan bakar (Mansur dan Aiman, 2020). Isobutanol juga digunakan dalam berbagai aplikasi lainnya, sebagai pewarna pada tinta, pelarut dalam industri tekstil, dan bahan kimia untuk keperluan industri (Saputro dkk, 2020). Kebijakan energi di Indonesia saat ini sejalan dengan kebijakan energi internasional, mencakup pengurangan emisi gas rumah kaca, peralihan menuju energi baru dan terbarukan, serta percepatan ekonomi yang berbasis teknologi ramah lingkungan. Pendirian pabrik isobutanol Harapannya, Indonesia dapat mengurangi kebutuhan akan impor dan beralih menjadi negara yang mampu mengekspor produknya. Upaya ini bertujuan untuk mendorong peningkatan daya saing Indonesia di pasar dunia serta mendongkrak pendapatan negara. Produksi isobutanol perlu ditingkatkan untuk

menunjang kebutuhan bahan bakar masyarakat serta meningkatkan kebijakan energi di Indonesia.

1.2. Sejarah dan Perkembangan Isobutanol

Isobutanol adalah alkohol yang memiliki empat atom karbon $C_4H_{10}O$ dan termasuk dalam kelompok alkohol rantai cabang. Sejarah isobutanol berawal pada permulaan abad ke-20, saat pertama kali ditemukan dalam proses fermentasi. Aplikasi isobutanol adalah sebagai bahan bakar alternatif, bahan baku untuk produk kimia, serta pelarut dalam industri. Isobutanol pertama kali diidentifikasi pada tahun 1901 oleh ilmuwan bernama Robert W. B. Lewis. Ia menemukan isobutanol dalam proses fermentasi dilakukan menggunakan bahan-bahan organik.

Pada awalnya, isobutanol diproduksi melalui fermentasi bahan organik, seperti jagung dan gula. Proses ini dilakukan oleh mikroorganisme yang mengubah bahan organik menjadi alkohol, termasuk isobutanol. Pada masa itu, produksi isobutanol masih terbatas dan lebih digunakan sebagai pelarut dalam industri kimia. Pada 1920-an dan 1930-an, proses produksi isobutanol mulai berkembang. Pada masa ini, isobutanol memiliki aplikasi luas di sektor industri, mulai dari penggunaan sebagai bahan bakar, pelarut, hingga bahan kimia untuk beragam produk.

Pada tahun 1940-an, isobutanol mulai dipertimbangkan sebagai alternatif bahan bakar, terutama sebagai campuran bensin, meningkatkan performa mesin kendaraan. Penggunaan isobutanol dalam bahan bakar meningkat pada dekade-dekade berikutnya, terutama di negara-negara yang mengutamakan pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Pada penghujung abad ke-20 dan awal abad ke-21, kemajuan teknologi produksi isobutanol semakin maju, terutama melalui proses kimia Lebih optimal dan mendukung kelestarian lingkungan. Salah satu cara yang banyak digunakan memproduksi isobutanol adalah proses fermentasi berbasis mikroorganisme atau dari proses sintesis kimia berbasis bahan baku seperti gas alam atau bioenergi.

Seiring dengan perkembangan teknologi, proses sintesis kimia untuk memproduksi isobutanol sumber utama dari minyak bumi maupun gas alam mulai

diterapkan. Salah satu metode yang digunakan adalah proses hydroformylation, di mana gas hidrogen dan karbon monoksida direaksikan dengan butena (C_4H_8) untuk menghasilkan isobutanol. Ini memungkinkan produksi dalam rentang yang besar dan efisien. Isobutanol dimanfaatkan di berbagai sektor industri, seperti sebagai bahan bakar pengganti, pelarut dalam produk industri, zat pewarna tinta, serta aditif dalam bidang farmasi dan kosmetik

1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik Isobutanol

Pendirian pabrik isobutanol yang bertujuan mendukung kemandirian energi nasional, khususnya penyediaan bahan bakar alternatif. Memproduksi isobutanol, dapat digunakan sebagai campuran dalam bensin, ketahanan energi nasional dapat diperkuat oleh Indonesia dengan mengurangi pemanfaatan bahan bakar fosil. Pendirian pabrik isobutanol mendorong pengembangan industri kimia di Indonesia, karena isobutanol dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan berbagai produk kimia lainnya, contohnya ester, pelarut, dan produk plastik.

Pabrik isobutanol juga bertujuan untuk menjadikan Indonesia sebagai pemain utama dalam industri kimia dan energi terbarukan di pasar global. Memproduksi senyawa isobutanol dalam jumlah besar, Indonesia dapat memasuki pasar ekspor dan menyaingi negara-negara yang telah lebih dulu unggul memproduksi bahan bakar dan bahan kimia tersebut. Salah satu tujuan penting lainnya adalah mendukung kebijakan energi terbarukan Indonesia.

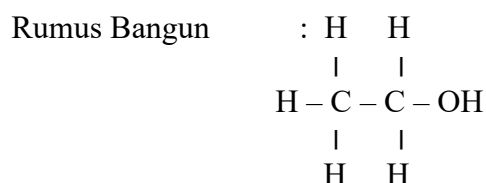
Pendirian pabrik isobutanol memiliki banyak manfaat, yaitu pendirian pabrik isobutanol dapat meningkatkan pendapatan negara yang melalui penjualan isobutanol ke pasar domestik dan internasional. Ekspor produk ini berpotensi memberikan devisa yang signifikan bagi Indonesia, meningkatkan perekonomian nasional. Pendirian pabrik isobutanol akan mendorong pengembangan teknologi baru dalam proses produksi, seperti rekayasa genetika mikroorganisme untuk fermentasi, serta peningkatan efisiensi dalam penggunaan energi dan bahan baku. Hal ini dapat mempercepat inovasi di sektor energi dan kimia di Indonesia.

Pabrik isobutanol akan menciptakan lapangan kerja, baik langsung di pabrik itu sendiri seperti untuk operator, teknisi, dan staf administrasi maupun tidak langsung (misalnya, melalui sektor pemasok bahan baku atau distribusi produk). Ini akan membantu mengurangi tingkat pengangguran di daerah sekitar pabrik dan mendukung pertumbuhan ekonomi lokal. Pendirian pabrik isobutanol mendorong peningkatan infrastruktur industri di sekitarnya. Hal ini termasuk pembangunan fasilitas transportasi, penyediaan bahan baku, dan pengembangan untuk fasilitas pendukung lainnya yang akan memperkuat sektor industri Indonesia. Isobutanol dapat diproduksi dari sumber daya terbarukan seperti biomassa yang mendukung pembangunan ekonomi berkelanjutan.

1.4. Sifat Fisik dan Kimia Senyawa

1.4.1. Etanol

Rumus Molekul : C_2H_5OH



Massa Molekul : 46,07 gr/mol

Warna : Tidak berwarna

Fase : *Liquid*

Titik beku : $-114,14^{\circ}\text{C}$

Titik didih : $78,5^{\circ}\text{C}$

Temperatur kritis : $243,25^{\circ}\text{C}$

Volume kritis : $166,9 \text{ cm}^3/\text{mol}$

Tekanan uap : 0,5724 atm (pada $T=20^{\circ}\text{C}$)

Tekanan kritis : 63,84 atm

Densitas : 789 kg/m^3

Auto-ignition temp : 464°C

Kelarutan : Larut dalam air dan pelarut organik

(Yaws,1999)

1.4.2. Metanol

Rumus Molekul	: CH_3OH
Rumus Bangun	: $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$
Massa Molekul	: 32,04 gr/mol
Warna	: Tidak berwarna
Fase	: <i>Liquid</i>
Titik beku	: $-97,6^\circ\text{C}$
Titik didih	: $64,6^\circ\text{C}$
Temperatur kritis	: $239,58^\circ\text{C}$
Flash point	: $9,7^\circ\text{C}$
Tekanan uap	: 0,12 atm (pada $T=20^\circ\text{C}$)
Tekanan kritis	: 78,5 atm
Densitas	: 791 kg/m^3
<i>Auto-ignition temp</i>	: 464°C
Kelarutan	: Larut dalam air, etanol, eter, aseton dan kloroform.

(Source: Material Safety Data Sheet methanol Valtech, 2020)

1.4.3. Hidrogen

Rumus Molekul	: H_2
Rumus Bangun	: $\text{H} - \text{H}$
Massa Molekul	: 2,02 g/mol
Warna	: Tidak berwarna
Fase	: Gas
Titik beku	: $-259,15^\circ\text{C}$
Titik didih	: -253°C
Temperatur kritis	: $240,15^\circ\text{C}$
Densitas gas	: $0,083 \text{ lb/ft}^3$
Densitas Liquid	: $4,43 \text{ lb/ft}^3$

Auto-ignition temp : 500-571°C

Flamabilitas : Mudah terbakar dalam kondisi tertentu.

(Source: Material Safety Data Sheet Hydrogen Airgas, 2020).

1.4.4. Karbon Monoksida

Rumus Molekul : CO

Massa Molekul : 28,01 g/mol

Warna : Tidak berwarna

Fase : Gas

Titik beku : -205,1°C

Titik didih : -191,5°C

Temperatur kritis : -139,8°C

Tekanan kritis : 3499 kPa (34,5 atm)

Densitas gas : 0,072 lb/ft³

Auto-ignition temp : 605°C

(Source: Material Safety Data Sheet Carbon Monoxide Praxair, 2016)

1.4.5. Karbon Dioksida

Rumus Molekul : CO₂

Rumus Bangun : O = C = O

Massa Molekul : 44 gr/mol

Warna : Tidak berwarna

Fase : Gas

Titik beku : Tidak ada

Titik didih : -78,5°C

Temperatur kritis : 31°C

Tekanan kritis : 73,7 bar (72,7 atm)

Tekanan uap : 57,3 bar (56,5 atm)

Densitas gas : 1,98 kg/m³

pH : 3,2-3,7

(Source: Material Safety Data Sheet Hydrogen Praxair, 2020).

1.4.6. Air

Rumus Molekul	: H_2O
Rumus Bangun	: $\text{H}-\text{O}-\text{H}$
Massa Molekul	: 18,015 g/mol
Warna	: Tidak berwarna
Fase	: <i>Liquid</i>
pH	: 7
Titik leleh	: 0°C
Titik didih	: 100°C
Temperatur kritis	: 374°C
Tekanan kritis	: 218,3 atm
Tekanan uap	: 17,535 mmHg
Viskositas	: 1,002 cP
Densitas	: $1,024.7095 \text{ kg/m}^3$
<i>Specific Gravity</i>	: 0,99823 g/ml
Kelarutan	: Mudah larut dalam asam asetat, aseton, ammonia, amonium klorida, etanol, gliserol, metanol, asam hidroklorat, asam nitrat, asam sulfat, propilen glikol.

(Yaws, 1999).

1.4.7. Propanol

Rumus Moleku	: $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
Rumus Bangun	: $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$
Massa Molekul	: 60,10 gr/mol
Warna	: Tidak berwarna
Fase	: <i>Liquid</i>
Titik beku	: $-88,5^\circ\text{C}$
Titik didih	: 97°C
Temperatur kritis	: $235,2^\circ\text{C}$
Tekanan kritis	: 4.764 kPa

Densitas	: 0,7853 g/cm ³
Viskositas	: 2,4 cP
<i>Specific Gravity</i>	: 0,7864 pada 20°C
Kelarutan	: Sangat larut pada air

(Kirk & Othmer, 1983)

1.4.8. n-Butanol

Rumus Molekul	: n-C ₄ H ₉ OH
Massa Molekul	: 74,123 g/mol
Warna	: Tidak berwarna
Fase pada suhu kamar	: <i>Liquid</i>
Titik beku	: -89°C
Titik didih	: 117°C
<i>Flash Point</i>	: 34°C
Temperatur kritis	: 289,8°C
Tekanan kritis	: 43,55 atm
Volume kritis	: 0,275 m ³ /kmol
Viskositas	: 0,03379 cP (T=15°C)
Densitas	: 0,81337 g/mL
<i>Specific Gravity</i>	: 0,810 g/mL
Kelarutan	: Larut dalam air pada suhu 30°C dengan 7,8 gr/ 100 gr, alkohol, eter dan pelarut organik.
Kemurnian	: 99%

(Perry, 1997)

1.4.9. Isobutanol

Rumus Molekul	: i-C ₄ H ₉ OH
Rumus Bangun	: CH ₃ – CH ₂ – CH ₂ – OH CH ₃
Massa Molekul	: 74,123 g/mol
Warna	: Tidak berwarna
Fase	: <i>Liquid</i>

Titik didih	: 107,89°C pada 760 mmHg
Temperatur kritis	: 265°C
Tekanan kritis	: 48 atm
<i>Specific gravity</i>	: 0,06952
Viskositas	: 0,04703 cP (T=15°C)
Densitas	: 0,802 gr/mL
Kelarutan	: Larut dalam alkohol, eter dan pelarut organik.

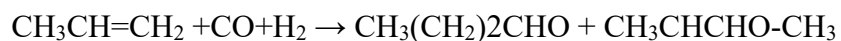
(Lewis, 1997)

1.5. Proses Pembuatan Isobutanol

Isobutanol adalah alkohol bercabang dengan rumus kimia C_4H_{10} , dipakai secara luas di industri sebagai pelarut, bahan bakar alternatif, dan bahan baku untuk produk kimia. Proses pembuatan isobutanol dapat dilakukan melalui berbagai metode, baik secara kimiawi maupun bioteknologi. Proses pembuatan isobutanol dapat dibuat dengan proses kimiawi melalui proses hidroformilasi propilena diikuti dengan hidrogenasi membentuk aldehida, tetapi dapat dibentuk dengan proses berbasis bio seperti fermentasi (Weitz dkk, 2021).

1.5.1. Oxo Sintesis

Oxo Sintesis metode kimia utama dalam pembuatan isobutanol. Proses ini melibatkan reaksi hidroformilasi untuk menghasilkan aldehida yang kemudian dihidrogenasi menjadi alkohol seperti isobutanol. Fase awal reaksi menghasilkan aldehid sebagai hasil dari penambahan satu atom karbon ke dalam molekul olefin. Ketika olefin memiliki lebih dari satu atom karbon, produk yang terbentuk merupakan campuran isomer aldehid. Dalam hal ini, propilena bereaksi membentuk n-butanal dan isobutanol.



Propilena direaksikan dengan gas sintesis di bawah tekanan tinggi (biasanya 20-300 bar) dan suhu tinggi (50–200°C). Katalis seperti rodium atau kobalt mempercepat reaksi ini dan meningkatkan selektivitas terhadap isobutiraldehida.

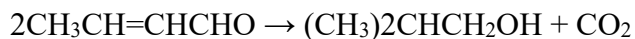
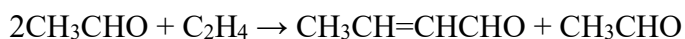
Campuran aldehida isomer (n-butiraldehida dan isobutiraldehida) dipisahkan melalui distilasi atau metode lainnya untuk mendapatkan isobutiraldehida. Reaksi ini memiliki rendemen tinggi, terutama dengan katalis rodium yang memiliki selektivitas tinggi terhadap isobutiraldehida dan Mudah diintegrasikan dengan produksi bahan kimia lain dari minyak bumi.

1.5.2. Hidrogenasi

Hidrogenasi adalah reaksi reduksi yang menggunakan hidrogen molekuler untuk mengubah senyawa karbonil (aldehida) menjadi alkohol. Proses hidrogenasi butiraldehid dan butil butirat umumnya menggunakan reaktor fixed bed multitube, pada reaktor terjadi reaksi hidrogenasi dengan hidrogen. Kondisi operasi dari reaktor yaitu dengan temperatur 100-200°C dan tekanan 35 atm. Katalis logam digunakan untuk mempercepat reaksi seperti Nikel (Ni), Platinum (Pt), Kobalt (Co) dan Paladium (Pd), Katalis ini disiapkan dalam bentuk padat pada permukaan pendukung seperti alumina atau karbon.

1.5.3. Sintesis Reppe

Sintesis Reppe adalah metode kimia yang ditemukan oleh Walter Reppe, yang dikenal sebagai pionir dalam kimia asetilena. Proses ini memanfaatkan reaksi asetilena (C_2H_2) dengan karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H_2) di bawah tekanan tinggi dan katalis tertentu untuk menghasilkan berbagai produk organik,. Selama tahap hidrogenasi, asetaldehida diubah menjadi isobutanol dengan bantuan katalis logam seperti nikel atau kobalt. Berikut persamaan reaksi sintesis Reppe :



1.5.4. Fermentasi

Fermentasi butanol dilakukan dengan menggunakan molase sebagai bahan baku, yaitu produk samping dari industri gula yang diperoleh setelah sukrosa dipisahkan melalui proses kristalisasi dan sentrifugasi dari ekstrak tebu. Proses fermentasi ini melibatkan kultur bakteri yang mampu mengonversi glukosa menjadi n-butanol dan gas karbon dioksida (CO_2). Proses fermentasi menghasilkan konversi

sebesar 93% dengan bantuan enzim Clostridium dengan reaksi fermentasi seperti berikut. $(C_6H_{10}O_5)_x \rightarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3COCH_3 + CH_3CH_2CH_2OH + C_2H_5OH + CO_2 + H_2$ Alkohol hasil fermentasi merupakan alkohol berkadar rendah yang disebut beer, selain itu sebesar 0,1844 kg aseton dan 0,032 kg etanol juga dihasilkan dari proses fermentasi ini. Kondisi operasi pada proses fermentasi yaitu dengan temperatur 20-36°C dengan waktu reaksi 42 hari menghasilkan kemurnian sebesar 99%

Jenis Proses	Bahan Baku	Kondisi Operasi	Katalis	Konversi
Oxo Sintesis	Propilen dan gas sintesa	Tekanan 200-300 bar CO/ H ₂ dan suhu 100 °C 180 °C	Kobalt	75% n-butanol dan 25% isobutanol
Proses Reppe	Propilen, karbon monoksida dan air	Tekanan: 5 20 bar dan Temperatur 100 °C	Iron hidrokarbonil HFe ₃ (CO) ₄ .	80%
Fermentasi	Molase dengan bantuan bakteri	20-36°C	Enzim Clostridium	93%
Hidrogenasi Butil Butirat	Butil Butirat	Suhu 300 °C 350 °C dan 10 atm	Cu/ZnO/Al ₂ O ₃ Cu/MgO/Al ₂ O ₃	99,8%
Hidrogenasi Butiraldehid	Butiraldehid	Suhu 192 °C dan 4 atm	Cu/ZnO	Cu/ZnO

Tabel 1.1 Perbandingan Proses Pembuatan Isobutanol

DAFTAR PUSTAKA

- Backharust, J.R., and Harker, J.H., "*Process Plant Design*", 1973, Heinemann Educational Books, London
- Brown, G.G., "*Unit Operation*", 1950, John Willey and Sons, New York.
- Chemical Engineering Plant (CEPCI), 2013, *Cost Index.Equipment*
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983 "*Chemical Engineering Thermodynamics*", First Edition, Pergamon Press, Oxford.
- Daizo Kunii dan Octave Levenspiel, "*Fluidization Engineering*", 1991, 2ed, Butterworth Publisher, USA.
- Daubert, Thomas E., 1985, "*Chemical Engineering Thermodynamics*", 3rd edition, MC Graw Hill Book Company, New York.
- David M. Himmelblau, Basic Principles And Calculations In Chemical Engineering 6th Edition.
- Frament, G. F., and Bishoff, K. B., "*Chemical Reactor Analysis and Design*", 2nd Edition, John Willey and Sons, New York, 1990.
- Holland, C. D., and Anthony, R. G., "*Fundamental of Chemical Reaction Engineering*", 1989, 2nd Edition, Prantice Hall, Ney Jersey.
- John. J. McKetta, "*Encyclopedia of Chemical. Processing and Design*", 1992, No. Series 40, Mercel Dekker, New York.
- Kern, D. G., "*Process Heat Transfer*", 1965, International Edition, Mc Graw Hill Book Co, Tokyo.
- Levenspiel, O., "*Chemical Reaction Engineering*", 1973, 2nd Edition, John Willey and Sons, New York.
- Ludwig, E. E., "*Aplied Process Design For Chemical and Petrochemical Plant*", 1984, 2nd Edition, Volume 1, Gulf Publishing Co, Texas.
- Luyben, W. L, and Wensel, L. A., "*Chemical Process Analysis Mass and Energy Balance*", 1988, 1st Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Nauman, E. B., "*Chemical Reaction Design*", 1987, John Willey and Sons, New York.

- Nemec, J. W., and Kirch, L. S., "*Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*", 1981, 3th Edition, Volume 15, John Willey and Sons, New York.
- Perry, K. H., and Clinton, C. H., "*Chemical Engineer's Handbook*", 1989, 6th Edition, Mc Graw Hill Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Peter, M. S., and Timmerhaus, K. D., "*Plant Design and Economic for Chemical Engineering*", 1981, 3 th Edition, Mc Graw Hill International Book Co, New York.
- Rase., H. F., and Cunningham., W. A., "*Chemical Reactor Design for Process Plants*", 1980, Voleme 2, University of Texas, Austin.
- Sandler, H. J., and Luckerwicz, E. T., "*Practical Process Engineering*", 1987, 2nd Edition, Mc Graw Hill Book Company, Tokyo.
- Treybal, R. E., "*Mass – Transfer Operation*", 1981, 3th Edition, Mc Graw Hill Book Company, Singapore.
- Ullman's, "*Encyclopedia of Industrial Chemistry*", 1992, Vol. B4, 3th Edition, VCH Publishers, Inc.
- US Patent No. 7193097 B2 ed 20 Maret 2007.
- Wallas, S. M., "*Chemical Process Equipment*", 1988, Butterworth Publiser, USA.