

**PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN 1-3 BUTADIENA DARI 2-3 BUTANADIOL
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

FADLULRAHMAN

03031381823082

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN
PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN 1,3-BUTADIENA DARI 2,3-BUTANEDIOL
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana

Oleh :

Fadlulrahman
03031381823082

Palembang, Desember 2024
Dosem Pembimbing,



Elda Melwita, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 1197505112000122001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Mr. Yuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadlulrahman
NIM : 03031381823082
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan 1-3 Butadiena dari 2-3
Butanadiol dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya atas nama **Fadlulrahman** 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.



Fadlulrahman
NIM. 03031381823082

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan 1-3 Butadiena dari 2-3 Butanadiol dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun” tepat pada waktunya. Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah untuk melengkapi persyaratan pada kurikulum akademik sarjana yang harus dipenuhi agar penulis dapat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penyelesaian laporan tugas akhir ini tentunya dapat terselesaikan karena adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik secara materi maupun moril.
2. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Fitri Hadiyah, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Elda Melwita S.T., M.T., Ph.d., selaku Dosen pembimbing tugas akhir.
5. Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Sahabat beserta teman yang telah memberikan dukungan dan saran sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

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

Palembang, Oktober 2022

Penulis

RINGKASAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN 1,3-BUTADIENA DARI 2,3-BUTADIENOL KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN.

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Oktober 2024.

Fadlurahman; Dibimbing Oleh Elda Melwita, S.T, M.T, Ph.D

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

viii + 264 halaman, 5 lampiran

RINGKASAN

Pabrik pembuatan 1,3-butadiena dari 2,3-butanediol dengan kapasitas produksi 100.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2030 di Daerah Cikande, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 2,5 Ha. Proses pembuatan 1,3-butadiena ini mengacu pada *Patent US 9,884,800 B2* dengan proses reaksi Reaksi Dehidrasi bahan baku berupa 2,3-Butanediol dibantu dengan katalis Kalsium Fosfat yang membentuk produk 1,3-Butadiena, 2-Metil Propanal dan Metil Etil Keton. Jenis reaktor yang digunakan adalah *Fix Bed Reactor*. Reaktor beroperasi pada temperatur 200°C dan tekanan 33 atm.

Bentuk perusahaan yang akan digunakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line* dan *Staff*, dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 173 pekerja. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik 1,3-butadiena ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi, yaitu sebagai berikut:

- *Total Capital Investment* = US \$ 34.416.226,32
- *Selling Price per Year* = US \$ 404.303.398,31
- *Total Production Cost* = US \$ 367.283.253,41
- *Annual Cash Flow* = US \$ 28.573.271,16
- *Pay Out Time* = 1,16 tahun
- *Rate of Return* = 75,30%
- *Discounted Cash Flow* = 76,77 %
- *Break Even Point* = 36,95 %
- *Service Life* = 11 tahun

Kata Kunci: 1,3-Butadiena, Reaksi Dehidrasi, *Fixed Bed Reactor*, Perseroan Terbatas.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	ii
RINGKASAN	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan Butadiena	2
1.3. Macam Proses Pembuatan Butadiena	3
1.3.1. Proses Degeneratif Oksidatif.....	3
1.3.2. Proses Philips	3
1.3.3. Proses Hendery Catadine	4
1.3.4. Proses Dow.....	4
1.3.5. Proses Sekisui Chemical	4
1.3.6. Proses Petro Tex.....	4
1.3.7. Proses Dehidratif.....	5
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	5
1.4.1. 2,3-Butanadiol.....	5
1.4.2. Kalsium Fosfat	5
1.4.3. 1,3-Butadiena	6
1.4.4. Metil Etil Keton.....	6
1.4.5. Metil Propanal.....	6
BAB II	8
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	8
2.2. Penentuan Kapasitas Pabrik	8
2.3. Pemilihan Proses	11

2.4. Pemilihan Bahan Baku	11
BAB III.....	12
3.1. Lokasi Pabrik.....	12
3.1.1. Ketersediaan Bahan Baku.....	12
3.1.2. Transportasi dan Pemasaran	12
3.1.3. Ketersediaan Utilitas	13
3.1.4. Tenaga Kerja	13
3.1.5. Kondisi Iklim dan Karakteristik Lingkungan.....	13
3.2. Tata Letak Pabrik dan Peralatan	13
3.3. Perkiraan Luas Tanah yang Diperlukan	16
BAB IV	17
4.1. Neraca Massa	17
4.1.1. Neraca Massa Reaktor (R-01).....	17
4.1.2. Neraca Massa <i>Partial Condenser</i> -01 (PC-01)	17
4.1.3. Neraca Massa Knock Out Drum-01 (KOD-01)	18
4.1.4. Neraca Massa Extractor-01 (EX-01) Error! Bookmark not defined.	
4.1.5. Neraca Massa Decanter-01 (D-01).....	19
4.1.6. Neraca Massa Kolom Destilasi-01 (KD-01)	19
4.1.7. Neraca Massa Condensor-01 (CD-01).....	20
4.1.8. Neraca Massa Accumulator-01 (AC-01)	20
4.1.9. Neraca Massa Reboiler-01 (RB-01).....	21
4.2. Neraca Panas.....	22
4.2.1. Neraca Panas Furnace (F-01).....	22
4.2.2. Neraca Panas Kompresor (K-01)	22
4.2.3. Neraca Panas Reaktor-01 (R-01)	22
4.2.4. Neraca Panas Ekspander-01 (E-01)	23

4.2.5.	Neraca Panas <i>Partial Condensor</i> -01 (PC-01).....	23
4.2.6.	Neraca Panas <i>Cooler</i> -01 (C-01).....	23
4.2.7.	Neraca Panas <i>Knock Out Drum</i> -01 (KOD-01).....	23
4.2.8.	Neraca Panas Decanter-01 (D-01)	24
4.2.9.	Neraca Panas Heater-01 (H-01)	24
4.2.10.	Neraca Panas Kolom Destilasi-01 (KD-01).....	24
4.2.11.	Neraca Panas Kondensor-01 (CD-01).....	24
4.2.12.	Neraca Panas Reboiler-01 (RB-01).....	25
4.2.13.	Neraca Panas Cooler-02 (C-2)	25
BAB V	26
5.1.	Unit Pengadaan Steam	26
5.1.1.	Steam Penggerak Turbin	27
5.2.	Unit Pengadaan Air	28
5.2.1.	Air Pendingin	28
5.2.2.	Air Umpan Boiler.....	30
5.2.3.	Air Proses	30
5.2.4.	Air Domestik.....	30
5.3.	Unit Pengadaan Listrik	32
5.3.1.	Listrik untuk Peralatan Pabrik.....	32
5.3.2.	Total Kebutuhan Listrik	33
5.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar	34
5.4.1.	Bahan bakar Boiler.....	34
5.4.2.	Bahan bakar keperluan generator.....	36
5.4.3.	Total Bahan Bakar.....	36
BAB VI	37
6.1.	Pompa-01	37

6.2.	Pompa-02.....	38
6.3.	Pompa-03.....	39
6.4.	Cooler-01.....	40
6.5.	Cooler-02.....	41
6.6.	Heater-01	42
6.7.	Furnace-01.....	43
6.8.	Kompresor-01	44
6.9.	Expander-01.....	45
6.10.	Reaktor-01.....	46
6.11.	Partial Condenser-01.....	47
6.12.	Knock Out Drum-01.....	48
6.13.	Extractor-01.....	49
6.14.	Decanter-01	50
6.15.	Kolom Destilasi-01.....	51
6.16.	Condenser-01	52
6.17.	Accumulator-01	53
6.18.	Reboiler-01	54
6.19.	Tangki-01.....	55
6.20.	Tangki-02.....	56
6.21.	Tangki-03.....	57
6.22.	Tangki-04.....	58
BAB VII		59
7.1.	Bentuk Perusahaan	59
7.2.	Struktur Organisasi	59
7.3.	Tugas dan Wewenang	61
7.4.	Sistem Kerja.....	63

BAB VIII	68
8.1. Keuntungan (Profitabilitas)	69
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal	70
8.3. Total Modal Akhir	72
8.4. Laju Pengembalian Modal	75
8.5. Break Even Point (BEP)	76
BAB IX	79
LAMPIRAN I	80
LAMPIRAN II	101
LAMPIRAN III	139
LAMPIRAN IV	243
LAMPIRAN V	254

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Pendahuluan

Perkembangan sektor Industri yang pesat menjadikan Indonesia sebagai negara berkembang untuk terus berusaha untuk memenuhi kebutuhan berbagai bahan kimia yang meliputi bahan baku, bahan setengah jadi, serta bahan pembantu industri dalam rangka mendukung terjadinya proses industrialisasi yang optimum. Berlandaskan itu, pemerintah memprioritaskan pembangunan dan peningkatan industri kimia dengan produk bahan manufaktur dasar yang dapat membantu perkembangan industri kimia lainnya (Kemenperin, 2018). Hal ini tentu dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai aspek mulai dari sumber daya alam dan manusia di Indonesia yang memadai, prospek industri yang menjanjikan, kestrategisan lokasi, serta kemungkinan pemasaran yang luas.

1,3-Butadiena atau lebih dikenal sebagai Butadiena merupakan salah satu industri dengan prospek menjanjikan melihat dari peningkatan kebutuhan nasional pertahun serta perkembangan industri karet sintetis di Indonesia. Penggunaan karet sintesis sendiri lebih disukai untuk menggantikan jenis karet alam dikarenakan sifat fisisnya yang lebih kuat, tahan abrasi dan oksidasi, serta tahan terhadap asam. Berdasarkan itu, pengembangan industri penyedia bahan baku sangat diperlukan dengan tujuan menekan tingkat impor yang saat ini masih dilakukan dari Jepang dan Korea untuk memenuhi kebutuhan nasional butadiena (Kemenperin, 2016). Selain itu, pengadaan industri tentunya akan memberikan lapangan pekerjaan akan memberikan keuntungan secara ekonomi dan sosial dalam kehidupan masyarakat.

Butadiena (C_4H_6) merupakan senyawa diena terkonjugasi, dengan nama lain buta-1,3-diene, *biethylene*, *erythrene*, dan *vinylethylene* dengan nama IUPAC 1,3-Butadiena (Wibowo, 2011). Butadiena diketahui memiliki 2 jenis isomer yaitu 1,2-Butadiena dan 1,3- Butadiena, akan tetapi bentuk isomer 1,3- Butadiena lebih umum untuk dijumpai karena dapat menguap pada suhu yang lebih tinggi. Butadiena merupakan zat kimia yang berbentuk gas tidak berwarna, tidak korosif, sangat reaktif, serta mudah terbakar. Butadiena dilaporkan tidak larut dalam air namun sangat larut dalam alkohol dan eter (MSDS)

Butadiena umumnya diproduksi dengan metode *Cracking crude oil* menggunakan *naphtha cracker* dengan distilasi ekstraktif C4, atau dengan oksidatif dehidrogenasi senyawa butena atau n-butan (*American Chemistry Council, 2019*). Adapun contoh pemanfaatan butadiena dalam pembuatan karet sintetis seperti sintesis *Polybutadiene Rubber* (PBR) dan *Styrene Butadiene Rubber* (SBR) yang digunakan untuk bahan baku produksi ban mobil. Contoh lainnya adalah pada sintesis *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) yang dimanfaatkan pada industri plastik. Pemanfaatan Butadiena juga dilaporkan terjadi pada pembuatan bahan kimia lainnya seperti *4-Vinylcyclohexene* dan *cycloalkenes*. Butadiena juga dapat dipolimerisasi memproduksi stirena-butadiena lateks, yang dimanfaatkan sebagai bawahan karpet, selang, dan segel gasket (*American Chemistry Council, 2019*).

Melihat dari tingkat variasi dari pemanfaatan butadiena sebagai bahan baku industri diharapkan jumlah produksi dalam negeri dapat terus ditingkatkan. Selain itu, peningkatan produksi Butadiena juga diharapkan untuk mampu memenuhi kebutuhan bahan baku nasional serta menekan jumlah impor. Pengadaan pabrik Butadiena juga diharapkan dapat membantu mencapai sasaran yaitu pembangunan nasional, terutama pengembangan industri kimia dalam negeri yang menuntut adanya ketersediaan bahan baku secara kontinyu. Berdasarkan ini, pembangunan pabrik butadiena di Indonesia ditarget dapat menginisiasi dan menjadi faktor pendorong proses perkembangan hilirisasi industri, terutama industri karet

1.2. Sejarah dan Perkembangan Butadiena

Butadiena dikenalkan pertama kali pada tahun 1863 oleh Tan Yantou, seorang ilmuwan Perancis, dengan mengisolasi senyawa hidrokarbon hasil dari proses pirolisis amil alkohol. Pada tahun 1886, Hendry Amstrong memperoleh butadiena yang sama dengan cara pirolisis dengan bahan baku petroleum. Pada tahun 1910, butadiena dilaporkan dapat diperoleh melalui proses fermentasi dari pati kentang yang dilakukan oleh Lebedev, seorang ilmuwan kimia Rusia. Butadiena mulai dijual secara komersil oleh *American Petroleum and Chemical Industry*, dengan produksi melalui pengolahan minyak bumi dan senyawa organik secara termis (Wibowo, 2011).

Pada tahun 1957, salah satu pabrik kimia di Texas memproduksi butadiena setelah perang dunia II dengan proses dehidrogenasi katalitik dari butana (nbutana)

dengan kapasitas produksi 65.000 ton/tahun. Beberapa negara seperti Amerika Selatan, Eropa Timur, Jepang, Cina, dan India juga mulai memproduksi butadiena dengan kapasitas produksi yang kecil menggunakan proses steam cracking dan etanol sebagai bahan baku. Selain itu, butadiena juga didapat dari produk samping pembuatan etilen dan beberapa hidrokarbon alkena.

Perkembangan proses pembuatan Butadiena selanjutnya dilakukan oleh ilmuwan bernama Frey yang menyatakan bahwa butadiena dapat dibentuk dari proses adisi senyawa *methylene*, serta dari proses isomerisasi molekul air dengan *vinyl cyclopropane* selama *phoyolysis ketene* atau *diazometane*, pada temperatur 60°C. Pada akhirnya Zieger dan Morten membuktikan kebenaran teori Frey, bahwa adisi terhadap senyawa logam organik dapat membentuk 1,3-Butadiena (Situmeang, 2016).

1.3. Macam Proses Pembuatan Butadiena

1.3.1. Proses Degeneratif Oksidatif

Butadiena dihasilkan melalui proses dehidrogenasi pada senyawa butana menggunakan reaktor *fixed bed multi-tube* pada kondisi operasi tekanan 1 atm dan temperatur antara 500-600°C (Wulandhanie, 2007). Katalis yang biasa digunakan adalah alumina chromia selanjutnya akan diregenerasi untuk membakar lapisan kokas melalui udara. Butana yang terkonversi menjadi butadiena mencapai 99,99% dengan 63% *yield* butadiena yang dihasilkan (Lindy dan Ramdhona, 2019) Menurut penulis lain, konversi proses butana berkisar 80-99,99% dengan *yield* 60- 65 wt% (Wulandhanie, 2007).

1.3.2. Proses Philips

Butadiena dihasilkan melalui proses *Oxidative Dehydrogenation* (OXD) dengan menambahkan oksigen. Pengaplikasian proses ini memberikan peningkatan pada nilai konversi butena, selektivitas butadiena, serta umur katalis. Selain itu, penggunaan oksigen dapat berperan sebagai material untuk proses regenerasi katalis secara oksidatif. Proses ini melibatkan dua reaksi, yaitu oksidasi butena dan dehidrogenasi butena. Pada proses ini, bahan baku, katalis *bismuth-/molibdenum* atau *stanum/antimon*, uap, dan udara direaksikan pada suhu 480-600°C dan tekanan 0,2 atm dalam sebuah *fixed bed reactor*. Konversi butena mencapai 75-80% dengan selektivitas butadiena 88-92% (Wibowo, 2011)

1.3.3. Proses Hendery Catadine

Butadiena dihasilkan melalui proses dehidrogenasi butana menggunakan katalis kromium dan aluminium oksida pada suhu 600-620°C dan tekanan 0,2-0,4 bar. Konversi butana mencapai 30-40% dengan yield butadiena sebesar 63%. Proses berlangsung kontinyu pada tiga atau lebih reaktor terpisah, dengan jenis *fixed bed tubular reactor* atau *tube bundle reactor* (Wibowo, 2011).

1.3.4. Proses Dow

Butadiena dihasilkan melalui proses dehidrogenasi senyawa butena dengan penambahan uap, yang berlangsung pada suhu 600-675°C dan tekanan 1 bar, menggunakan bantuan katalis kalsium nikel fosfat yang distabilkan oleh kromium oksida. Konversi butena mencapai 50% dengan selektivitas terhadap butadiena mencapai 90%. Reaksi berlangsung pada jenis *fixed bed reactor* yang disusun secara paralel. Butadiena yang diproduksi dipisahkan dari pengotor menggunakan distilasi ekstraktif, sedangkan katalis akan melalui proses regenerasi 15 menit setelah reaksi berlangsung (Situmeang, 2016).

1.3.5. Proses Sekisui Chemical

Butadiena dihasilkan dengan bahan baku berupa biomassa, *coal*, atau campuran gas hidrogen dan karbon monoksida dengan dua tahapan proses pada reaktor berbeda. Pada reaktor pertama terjadi reaksi katalitik, dengan katalis rodium menghasilkan campuran gas yang mengandung etanol dan asetaldehid. Sedangkan, pada reaktor kedua terjadi reaksi pembentukan butadiena dengan bantuan katalis berbasis tembaga, pada suhu 300-500°C dan tekanan 1- 7,5 Mpa. Produk utama dari reaksi kedua diseparasi untuk memisahkan butadiena dengan produk lainnya yang dapat di-*recovery* (Situmeang, 2016).

1.3.6. Proses Petro Tex

Butadiena dihasilkan melalui proses dehidrogenasi oksidatif senyawa butena untuk menghasilkan butadiena. Butena dikonversi dengan oksigen atau udara yang dilakukan pada suhu 550-600°C dengan bantuan katalis heterogen seperti besi dengan seng, mangan, ataupun magnesium. Dengan menambahkan uap untuk mengontrol selektivitas, konversi butena sebesar 65% dengan selektivitas terhadap butadiena mencapai 93% (Situmeang, 2016).

1.3.7. Proses Dehidratif

Proses ini merupakan metode yang baru dikembangkan untuk menghasilkan butadiena adalah dengan bahan baku 2,3-Butanediol menggunakan katalis berbasis kalsium fosfat. Proses yang berlangsung adalah dehidrasi 2,3-Butanediol menjadi 1,3-Butadiena sebagai produk utama, metil etil keton dan metil propanol sebagai produk samping. Reaksi terjadi dalam empat atau lebih reaktor adiabatik yang disusun secara seri, dengan jenis reaktor yaitu fixed bed reactor. Kondisi operasi yang digunakan pada suhu 200-400°C dan tekanan 0,1-6 bar. Konversi 2,3-Butanediol dapat mencapai 99,99% dengan selektivitas terhadap butadiena sebesar 30-35% (Song, 2018)

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. 2,3-Butanediol

Rumus molekul	: C ₄ H ₁₀ O ₂
Berat molekul	: 90 gr/mol
Fase	: Liquid Viskos
Warna	: Tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Densitas	: 1,010 gr/cm ³ pada 25°C
Titik didih	: 180°C
Titik beku	: 19°C
Kelarutan dalam air	: Misibel
Kelarutan	: Larut dalam alkohol, keton, dan eter

(Sumber: MSDS Thermo Fisher Scientific, 2021)

1.4.2. Kalsium Fosfat

Rumus molekul	: Ca ₃ (PO ₄) ₂
Berat molekul	: 310.18 gr/mol
Fase	: Padat
Warna	: Tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Densitas	: 3,14 gr/cm ³
Titik leleh	: 1,25°C
Titik lebur	: > 450°C

Kelarutan dalam air : 7,7g/L

(Sumber: MSDS Merck Millipore, 2022)

1.4.3. 1,3-Butadiena

Rumus molekul : C_4H_6
Berat molekul : 54 gr/mol
Fase : Gas (Cair dalam tekanan)
Warna : Tidak berwarna
Bau : Seperti bensin
Densitas : $0,615 \text{ g/cm}^3$ pada 25°C
Titik didih : $-4,55^\circ\text{C}$
Titik beku : $-108,9^\circ\text{C}$
Kelarutan dalam air : Tidak larut
Kelarutan : Sangat larut dalam aseton, eter, dan etanol
Evaporasi : Langsung pada suhu 27°C
Volatile Content : $>99\%$

(Sumber: MSDS CAP, 2021)

1.4.4. Metil Etil Keton

Rumus molekul : C_4H_8O
Berat molekul : 72 gr/mol
Fase : Cairan bening
Warna : Tidak berwarna
Bau : Manis
Densitas : $0,805 \text{ gr/cm}^3$ pada 25°C
Titik didih : $79,6^\circ\text{C}$
Kelarutan dalam air : 27,5 gr/100 mL
Kelarutan : Larut dalam etanol, eter, benzen

(Sumber: MSDS Smar Lab Indonesia, 2022)

1.4.5. Metil Propanal

Rumus molekul : C_4H_8O
Berat molekul : 72 gr/mol
Fase : *Liquid*
Warna : Tidak berwarna

Bau : Bau seperti alkohol
Densitas : 0,8 g/cm³ pada 20°C
Titik didih : 79,6°C
Kelarutan dalam air : 70 g/L pada 20°C
Kelarutan : Larut dalam etanol, eter, benzene

(Sumber: MSDS Carl Roth, 2015)

DAFTAR PUSTAKA

- American Chemistry Council. (2019). *Butadiene Product Summary*. Washington DC: American Chemistry.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Data Ekspor & Impor 1,3 Butadiena di Indonesia*. (Online). <https://www.bps.go.id/exim/>. (Diakses pada Tanggal 12 Agustus 2023).
- Coulson & Richardson. 1993. *Chemical Engineering Volume 6 3rd Edition*. Elsevier: Buttenworth – Heinemann.
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Wallas, S. M. 2012. *Chemical Process Equipment Selection and Design 3rd Edition*. USA: Butterworth-Heinemann.
- Felder, R. M. and Rousseau R. W. 2000. *Elementary Principles of Chemical Process, 3rd Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Indonesia, S. L. (2022,). *MSDS Smart Lab Indonesia* (Online). Retrieved from Smart Lab Indonesia. [https://smartlab.co.id/assets/pdf/-MSDS_METHYL_ETHYL_KETONE_\(INDO\).pdf](https://smartlab.co.id/assets/pdf/-MSDS_METHYL_ETHYL_KETONE_(INDO).pdf) (Diakses pada 9 Agustus 2023).
- Kementrian Perindustrian. 2018. Siaran Pers Kementiran Perindustrian Republik Indonesia (Online). Retrieved from Kementiran Perindustrian Republik Indonesia. <https://kemenperin.go.id/artikel/19168/Kemenperin-Prioritaskan-Pengembangan-Sektor-Kimia-Masuki-Industri-4.0> (Diakses pada tanggal 9 Agustus 2023).
- Kementrian Perindustrian. 2016. Investasi Sektor Butadiene. (Online): <http://www.kemenperin.go.id/artikel/785/Kemenperin-Dukung-Investasi-Sektor-Butadiene>. (Diakses pada tanggal 9 Agustus 2023).
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. Oregon: John Wiley and Sons.
- Millipore, M. (2022). *MSDS Merck Millipore*. Retrieved from Merck Millipore. <https://www.merckmillipore.com/ID/id/product/msds/MDA-CHEM-102143>.

- Perry, R. H. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Perry, R. H. and Green D. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition*. New York: McGraw - Hill Book Company.
- Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Edisi 4*. Singapore: McGraw Hill.
- Petrochemical, C. A. (2021). *MSDS Chandra Asih Petrochemical* (Online). Retrieved from Chandra Asih Petrochemical. chandra-asri.com. (Diakses pada tanggal 9 Agustus 2023).
- Scientific, T. F. (2021). *MSDS Thermo Fisher Scientific* (Online). Retrieved from Thermo Fisher Scientific. <https://www.fishersci.com/-/store/msds? Part Number=AC107640025&countryCode=US&language=en> (Diakses pada tanggal 9 Agustus 2023).
- Situmeang, E. 2016. *Butadiena*. (Online): <https://id.scribd.com/document/325191316/BAB-1-Butadiena>. (Diakses pada tanggal 9 Agustus 2023)
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbolt, M. M. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Song, D. S. (2018). *Daejeon (Korea) Patent No. US 9,884,800 B2*. Song, D.S. 2018. *Method of Preparing 1,3-Butadiene and Methyl Ethyl Ketone from 2,3-Butanediol Using Adiabatic Reactor*. Korea Selatan: SK Innovation Co.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass Transfer Operations 3rd Edition*. New York: McGrawHill Book Co.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Wibowo, H. B. 2011. *Analisis Metode Produksi Butadiena yang Efisien Diterapkan di Indonesia*. Penelitian Pusat Teknologi Roket. Vol. 6(3) : 77- 85.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. The Mc Graw-Hill Companies. United States of America.