

**PRARANCANGAN PABRIK METIL SALISILAT DARI ASAM
SALISILAT DAN METHANOL DENGAN METODE ESTERIFIKASI
KAPASITAS 23.000 TON/TAHUN**

(Skripsi)

**Tugas Khusus
Perancangan *Distillation Colomn* (DC-301)**

Oleh:

THALYA MIRANDA

(1855041005)

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar SARJANA TEKNIK

pada

Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

Judul Skripsi

**: PRARANCANGAN PABRIK METIL
SALISILAT DARI ASAM SALISILAT DAN
METHANOL DENGAN METODE
ESTERIFIKASI KAPASITAS 23.000
TON/TAHUN
(Perancangan *Distillation Colomn* (DC-301))**

Nama Mahasiswa

: Thalya Miranda

No. Pokok Mahasiswa : 1855041005

Jurusan

: Teknik Kimia

Fakultas

: Teknik



Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T.
NIP 196611111994022001

Taharuddin, S.T., M.Sc.
NIP 19700126199521001

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji


Ketua

: Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T.



Sekretaris

: Taharuddin, S.T., M.Sc.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Herti Utami, S.T., M.T.



Donny Lesmana., S.T., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ↓
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Oktober 2023

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	2
1.4 Analisa Pasar	3
1.5 Penentuan Lokasi Pabrik	12
II. DESKRIPSI PROSES	14
2.1 Jenis-jenis Proses Pembuatan Metil Salisilat	14
2.2 Pemilihan Proses	16
2.3 Deskripsi Proses	27
III. SIFAT DAN SPESIFIKASI BAHAN	29
3.1 Bahan Baku Utama.....	29
3.2 Spesifikasi Produk	30
IV. NERACA MASSA DAN ENERGI	32
4.1 Neraca Massa.....	32
4.2 Neraca Energi	46
V. SPESIFIKASI ALAT	57
5.1 Spesifikasi Peralatan Proses	57
5.2 Spesifikasi Alat Utilitas	77
VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	108

6.1 Unit Penyediaan air	108
6.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik	119
6.3 Unit Penyediaan Bahan Bakar	119
6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan	119
6.5 Unit Pengolahan Limbah.....	119
6.6 Unit Laboratorium.....	120
6.7 Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	123
VII. TATA LETAK PABRIK	126
7.1 Lokasi Pabrik.....	126
7.2 Tata Letak Pabrik	128
7.3 Estimasi Area Pabrik	132
7.4 Tata Letak Peralatan Proses.....	132
VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN.....	136
8.1 Bentuk Perusahaan	136
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	138
8.3 Tugas Dan Wewenang.....	141
8.4 Status Karyawan Dan Sistem Penggajian.....	147
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	148
8.6 Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan.....	150
8.9 Kesejahteraan Karyawan	156
IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI	159
9.1 Investasi.....	159
9.2 Evaluasi Ekonomi.....	165
9.3 Angsuran Pinjaman	168
9.4 Discounted Cash Flow (DCF)	168
X. SIMPULAN DAN SARAN	170
10.1 Simpulan.....	170
10.2 Saran.....	170

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Harga Bahan Baku	3
Tabel 1. 2 Harga Produk	3
Tabel 1. 3 Perkembangan Impor Metil Salisilat di ASEAN	4
Tabel 1. 4 Perkembangan Ekspor metil salisilat di Indonesia	5
Tabel 1. 5 Konsumen Metil Salisilat di Indonesia	5
Tabel 2. 1 Konstanta Laju Reaksi Esterifikasi Asam Salisilat dengan Methanol... 15	
Tabel 2. 2. Konstanta Laju Reaksi Esterifikasi Asam Salisilat dengan Dimetil Karbonat.....	16
Tabel 2. 3 Data Energi Bebas Gibbs dan Panas Pembentukan Standar	21
Tabel 2. 4 Konstanta untuk Perhitungan Kapasitas Panas	22
Tabel 4. 1 Neraca Massa Fmt	32
Tabel 4. 2 Neraca Massa Reactor 01 (RE-201).....	33
Tabel 4. 3 Neraca Massa Distillation Colomn (DC-101).....	35
Tabel 4. 4 Neraca Massa Condensor (CD-302)	36
Tabel 4. 5 Neraca Massa Reboiler (RB-301)	37
Tabel 4. 6 Neraca Massa Distillation Colomn (DC-302).....	39
Tabel 4. 7 Neraca Massa Condensor (CD-302)	40
Tabel 4. 8 Neraca Massa Reboiler (RB-302).....	41
Tabel 4. 9 Neraca Massa Distillation Colomn (DC-303).....	43
Tabel 4. 10 Neraca Massa Condensor (CD-301)	44
Tabel 4. 11 Neraca Massa Reboiler (RB-303).....	45
Tabel 4. 12 Neraca Energi Total MT-101	47
Tabel 4. 13 Neraca Energi Total pada HE-101	48
Tabel 4. 14 Neraca Energi Total RE-201	49
Tabel 4. 15 Neraca Energi Total pada HE-102	50
Tabel 4. 16 Neraca Energi Total pada HE-102	52
Tabel 4. 17 Neraca Energi Total pada HE-102	53
Tabel 5. 1 Spesifikasi Alat SS-102.....	57
Tabel 5. 2 Spesifikasi Storage Tank (ST-101).....	57

Tabel 5. 3 Spesifikasi Storage Tank (ST-101)	58
Tabel 5. 4 Spesifikasi Storage Tank (ST-104)	58
Tabel 5. 5 Spesifikasi Screw Conveyor (SC - 101)	59
Tabel 5. 6 Spesifikasi Bucket Elevator (BE-101)	60
Tabel 5. 7 Spesifikasi Alat SS-102	60
Tabel 5. 8 Spesifikasi Mixing Tank (MT-101)	60
Tabel 5. 9 Spesifikasi Reaktor 201 (RE-201)	61
Tabel 5. 10 Spesifikasi Distillation Column I (DC-301)	63
Tabel 5. 11 Spesifikasi Accumulator (AC-301).....	63
Tabel 5. 12 Spesifikasi Reboiler (RB-301).....	64
Tabel 5. 13 Spesifikasi Condenser (CD-301)	64
Tabel 5. 14 Spesifikasi Distillation Column II (DC-302).....	65
Tabel 5. 15 Spesifikasi Accumulator (AC-302).....	66
Tabel 5. 16. Spesifikasi Reboiler (RB-302).....	66
Tabel 5. 17. Spesifikasi Condenser (CD-302)	67
Tabel 5. 18. Spesifikasi Distillation Column I (DC-301)	67
Tabel 5. 19. Spesifikasi Accumulator (AC-301).....	68
Tabel 5. 20. Spesifikasi Reboiler (RB-301).....	69
Tabel 5. 21. Spesifikasi Condenser (CD-301)	69
Tabel 5. 22. Spesifikasi Heater (HE-101)	70
Tabel 5. 23. Spesifikasi Heater (HE-101)	70
Tabel 5. 24. Spesifikasi Cooler (CO-201).....	71
Tabel 5. 25. Spesifikasi Heater (CO-303).....	71
Tabel 5. 26. Spesifikasi Cooler (CO-304).....	72
Tabel 5. 27. Tabel Spesifikasi Pompa Proses -101	73
Tabel 5. 28. Tabel Spesifikasi Pompa Proses -102	73
Tabel 5. 29. Spesifikasi Pompa Proses -103	74
Tabel 5. 30 Spesifikasi Pompa Proses -201	74
Tabel 5. 31. Spesifikasi Pompa Proses -302	75
Tabel 5. 32. Spesifikasi Pompa Proses –103	75
Tabel 5. 33. Spesifikasi Pompa Proses –101	76
Tabel 5. 34. Spesifikasi Pompa Proses -305	76

Tabel 5. 35. Spesifikasi Pompa Proses-306	77
Tabel 5. 36 Spesifikasi Sedimentation Basin (SB – 401)	78
Tabel 5. 37 Dissolving Tank Alum (DT–401)	78
Tabel 5. 38 Spesifikasi Dissolving Tank NaOH (DT–402)	79
Tabel 5. 39 Spesifikasi Dissolving Tank Kaporit (DT–403)	79
Tabel 5. 40 Spesifikasi Clarifier (CL–401)	80
Tabel 5. 41 Spesifikasi Sand Filter (SF–401)	80
Tabel 5. 42 Spesifikasi Storage Tank Filtered Water (ST – 404)	81
Tabel 5. 43 Spesifikasi Storage Tank Domestic Water (ST–409)	82
Tabel 5. 44 Spesifikasi Storage Tank Hydrant Water (ST–410)	82
Tabel 5. 45 Spesifikasi Hot Basin (HB – 401)	83
Tabel 5. 46 Spesifikasi Cooling Tower (CT–401)	83
Tabel 5. 47 Spesifikasi Cold Basin (CB – 401)	84
Tabel 5. 48 Spesifikasi Cation Exchanger (CE–401)	84
Tabel 5. 49 Spesifikasi Anion Exchanger (AE–401)	85
Tabel 5. 50 Spesifikasi Storage Tank Asam Sulfat (ST-405)	85
Tabel 5. 51 Spesifikasi Storage Tank Dispersant (ST-406)	86
Tabel 5. 52 Spesifikasi Storage Tank Inhibitor (ST-407)	87
Tabel 5. 53 Spesifikasi Storage Tank Demin Water	87
Tabel 5. 54 Spesifikasi Deaerator (DA–401)	88
Tabel 5. 55 Spesifikasi Storage Tank Hidrazin (ST–501)	89
Tabel 5. 56 Spesifikasi Boiler (BO-501)	89
Tabel 5. 57 Spesifikasi Boiler (BO-502)	90
Tabel 5. 58 Spesifikasi Storage Tank Bahan Bakar (ST-502)	90
Tabel 5. 59 Spesifikasi Blower Steam (BS– 501)	91
Tabel 5. 60 Spesifikasi Blower Steam (BS– 502)	91
Tabel 5. 61 Spesifikasi Storage Tank Air Kondensat (ST-503)	91
Tabel 5. 62 Spesifikasi Cyclone (CYC-601)	92
Tabel 5. 63 Spesifikasi Air Dryer (AD – 601)	92
Tabel 5. 64 Spesifikasi Air Compressor (AC-601)	93
Tabel 5. 65 Spesifikasi Blower Udara 1 (BU – 601)	93
Tabel 5. 66 Spesifikasi Blower Udara 2 (BU – 602)	93

Tabel 5. 67 Spesifikasi Blower Udara 3 (BU – 603)	94
Tabel 5. 68 Spesifikasi Blower Udara 4 (BU – 604)	94
Tabel 5. 69 Spesifikasi Generator Listrik (GS-701)	94
Tabel 5. 70 Spesifikasi Storage tank Limbah Cair (ST-801)	95
Tabel 5. 71 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 401)	95
Tabel 5. 72 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 402)	96
Tabel 5. 73 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 403)	96
Tabel 5. 74 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 404)	97
Tabel 5. 75 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 405)	97
Tabel 5. 76 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 406)	98
Tabel 5. 77 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 407)	98
Tabel 5. 78 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 408)	99
Tabel 5. 79 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 409)	100
Tabel 5. 80 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 410)	100
Tabel 5. 81 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 411)	101
Tabel 5. 82 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 412)	101
Tabel 5. 83 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 413)	102
Tabel 5. 84 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 414)	102
Tabel 5. 85 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 415)	103
Tabel 5. 86 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 416)	103
Tabel 5. 87 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 417)	104
Tabel 5. 88 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418)	105
Tabel 5. 89 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-501)	105
Tabel 5. 90 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-502)	106
Tabel 5. 91 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503)	106
Tabel 7. 1 Perincian Luas Area Pabrik Metil Salisilat	132
Tabel 8. 1 Jadwal Kerja Masing-masing Regu	150
Tabel 8. 2 Perincian Tingkat Pendidikan	151
Tabel 8. 3 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	152
Tabel 8. 4 Jumlah operator berdasarkan pembagian ruang control	153
Tabel 8. 5 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	153
Tabel 8. 6 Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	154

Tabel 9. 1 Fixed capital investment.....	160
Tabel 9. 2 Manufacturing cost	162
Tabel 9. 3 General expenses.....	163
Tabel 9. 4 Biaya Administratif.....	163
Tabel 9. 5 Minimum acceptable persent return on investment	166
Tabel 9. 6 Acceptable payout time untuk tingkat resiko pabrik	167
Tabel 9. 7 Hasil uji kelayakan ekonomi.....	169

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Metil Salisilat di Indonesia	4
Gambar 4. 1 Laju Alir Neraca Massa Mixing Tank (MT-101).....	32
Gambar 4. 2 Laju Alir Neraca Massa RE-201	33
Gambar 4. 3 Laju Alir Neraca Massa Distillation Colomn (DC-301)	34
Gambar 4. 4 Laju Alir Neraca Massa CD-301.....	36
Gambar 4. 5 Laju Alir Neraca Massa RB-301	37
Gambar 4. 6 Laju Alir Neraca Massa Distillation Colomn (DC-302)	38
Gambar 4. 7 Laju Alir Neraca Massa CD-302.....	40
Gambar 4. 8 Laju Alir Neraca Massa RB-302.....	41
Gambar 4. 9 Laju Alir Neraca Massa Distillation Colomn (DC-301)	42
Gambar 4. 10 Laju Alir Neraca Massa CD-303.....	44
Gambar 4. 11 Laju Alir Neraca Massa RB-303.....	45
Gambar 4. 12 Laju Alir Neraca Panas Mixing Tank (MT-101)	46
Gambar 4. 13 Laju Alir Neraca Heater (HE-101).....	47
Gambar 4. 14 Laju Alir Neraca Reaktor (RE-201)	48
Gambar 4. 15 Laju Alir Neraca Heater (HE-201).....	50
Gambar 4. 16 Laju Alir Neraca Panas Distillation Coloum-301 (DC-301).....	51
Gambar 4. 17 Laju Alir Neraca Panas Distillation Coloum-302 (DC-302).....	52
Gambar 4. 18 Laju Alir Neraca Panas Distillation Coloum-303 (DC-303).....	54
Gambar 4. 19 Laju Alir Neraca Panas Cooler (CO-304).....	55
Gambar 4. 20 Laju Alir Neraca Panas Cooler (CO-302).....	56
Gambar 6. 1 Diagram Cooling Water System.....	112
Gambar 7. 1 Tata Letak Pabrik.....	131
Gambar 7. 2Tata Letak Alat Proses	134
Gambar 7. 3 Peta Kabupaten Tangerang.....	134
Gambar 7. 4 Area pabrik di kabupaten Tangerang (Google Map, 2023)	135
Gambar 8. 1 Struktur Organisasi Perusahaan.....	140
Gambar 9. 1 Grafik Analisa Ekonomi.....	168
Gambar 9. 2 Kurva Cummulative Cash Flow (Metode Discounted Cash Flow)	169

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara berkembang, bangsa Indonesia mempunyai kiprah untuk melaksanakan pembangunan pada segala bidang. Salah satunya merupakan pembangunan pada sektor ekonomi, untuk mencapai tujuan ini dilakukan pembangunan dalam sektor industri. Industri kimia adalah salah satu industri strategis pada sebuah negara. Pembangunan industri ditujukan untuk memperkuat struktur ekonomi nasional menggunakan keterkaitan yang bertenaga dan saling mendukung antar sektor, menaikkan daya tahan perekonomian nasional, memperluas lapangan kerja dan kesempatan bisnis sekaligus mendorong berkembangnya aktivitas aneka macam sektor pembangunan lainnya (Ceic Data, 2013; Suara Pembaruan, 2013)

Metil salisilat bermanfaat bagi industri farmasi, kosmetik, dan parfum namun sampai sekarang belum bisa dipenuhi oleh industri kimia pada negeri. Kebutuhan metil salisilat masih dipenuhi menggunakan cara impor dan cenderung semakin tinggi berdasarkan tahun ke tahun. Keadaan ini mengakibatkan Indonesia bergantung pada negara lain untuk memenuhi kebutuhan metil salisilat dalam negeri. Untuk mengatasi ketergantungan tersebut, sangat tepat untuk mendirikan pabrik metil salisilat di Indonesia, yang memiliki peluang investasi menjanjikan, profitabilitas tinggi dan tujuan pembangunan industri pula tercapai.

Metil salisilat adalah cairan yang tidak berwarna, memiliki aroma khas, sedikit larut pada air dan larut pada etanol. Metil salisilat atau 2-hydroxy benzoid acid methyl ester menggunakan rumus kimia $C_8H_8O_3$ pada alam dapat ditemukan pada tanaman wintergreen dan sweet birch. Sedangkan secara sintesis, metil

salisilat bisa dibentuk melalui reaksi esterifikasi antara asam salisilat dan metanol menggunakan katalis asam (Lapczynski, 2007). Reaksi pembentukan ester (esterifikasi) adalah reaksi yg berjalan lambat. Tetapi penambahan asam dapat mempercepat reaksi tersebut, misalnya asam sulfat atau asam klorida menjadi katalis, bisa mempercepat reaksi (Groggins, 1958).

1.2 Kegunaan Produk

Produk yang dihasilkan berupa metil salisilat. Tujuan pemasaran ialah kepada pihak industri yang menggunakan metil salisilat sebagai bahan baku produksinya. Kegunaan metil salisilat diantaranya sebagai berikut:

- a) Sebagai bahan baku dalam industri minyak wangi atau parfum. Metil salisilat digunakan dalam parfum untuk memberikan aroma yang kuat dan juga digunakan dalam pewangi ruangan
- b) Metil salisilat dapat diformulasikan dengan essential oil, kosmetik dan produk perawatan pribadi.
- c) Metil salisilat digunakan sebagai bahan baku untuk sintesis bahan farmasi, terutama digunakan untuk penghilang rasa sakit. Metil salisilat akan menghasilkan produk akhir seperti balsam, cream, salep, lotion dan produk-produk farmasi lainnya.
- d) Sebagai flavouring, metil salisilat digunakan dalam perawatan mulut yaitu untuk pasta gigi dan mouth wash, permen serta minuman (Lapczynski, 2007).

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama dan penunjang yang digunakan pada proses pembuatan metil salisilat dengan proses esterifikasi katalitik antara lain:

1. Asam salisilat

Asam salisilat adalah asam yang bersifat iritan lokal, yang dapat digunakan secara. Asam salisilat di dapat dari PT Graha Jaya Pratama Kinerja, Cengkareng, Jakarta Barat dan PT. Jegati Gempita Trijaya, Jakarta Timur.

2. Methanol

Methanol atau metil alcohol adalah bentuk alkohol paling sederhana yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas. Methanol di dapat dari PT. Pupuk Kujang, Cikampek, Jawa Barat.

3. Asam Sulfat

Asam sulfat adalah asam kuat dan zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat dapat diperoleh dari PT. Timur Raya Indah, Banten.

1.4 Analisa Pasar

Penelitian analisa pasar dari metil salisilat pabrik meliputi

1.4.1 Harga Bahan Baku

Harga bahan baku untuk proses pembuatan Metil Salisilat tertera pada Tabel 1.1

Tabel 1. 1 Harga Bahan Baku

Bahan Baku	Harga (USD/TON)
Asam Salisilat ($C_7H_6O_3$)	1000
Methanol (CH_3OH)	450
Asam Sulfat (H_2SO_4)	75

Sumber: Alibaba.com 13 November 2022

1.4.2 Harga Produk

Harga produk dapat dilihat pada Tabel 1.2 dibawah ini.

Tabel 1. 2 Harga Produk

Produk	Harga (USD/TON)
Metil Salisilat ($C_8H_8O_3$)	4200

Sumber: Alibaba.com 13 November 2022

1.4.3 Impor Metil Salisilat ($C_8H_8O_3$)

Impor metil salisilat dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan.

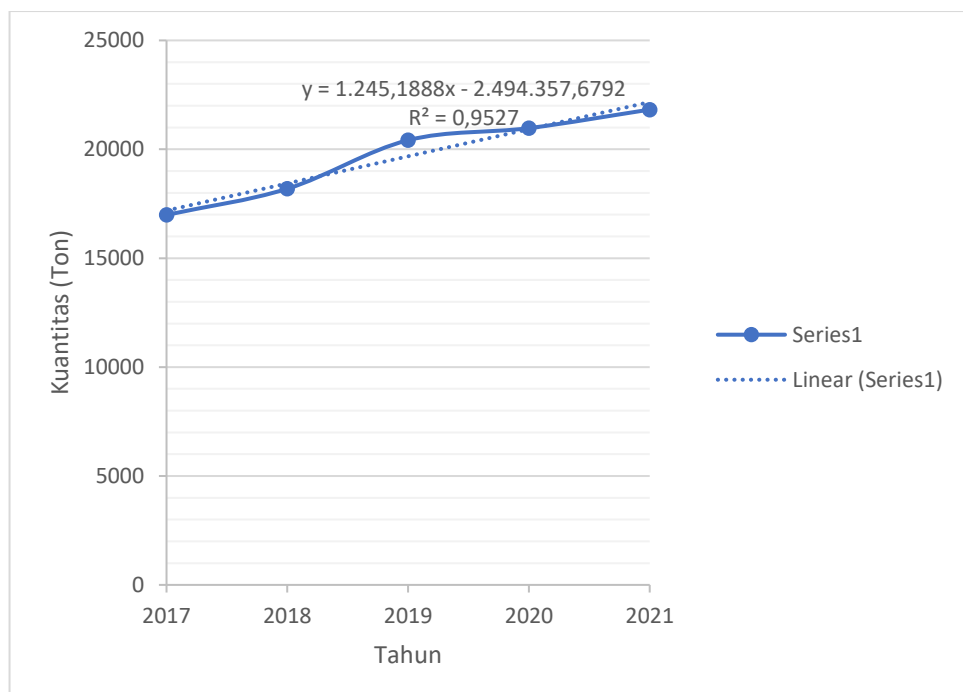
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. 3 Perkembangan Impor Metil Salisilat di ASEAN

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2017	16988,15
2018	18189,9
2019	20418,98
2020	20972,95
2021	21822,57

(Sumber: un.data, 2017-2021)

Berikut ini adalah grafik impor metil salisilat dari tahun 2017-2021.



Gambar 1. 1 Grafik Impor Metil Salisilat di Indonesia

Dengan menghitung persamaan $y = 1.245,1888x - 2.494.357,6792$ maka didapatkan pada tahun 2027 impor metil salisilat di ASEAN diperkirakan mencapai 29.640,018 ton/tahun.

1.4.4 Ekspor Metil Salisilat ($C_8H_8O_3$)

Berikut ini adalah data ekspor metil salisilat selama lima tahun terakhir:

Tabel 1. 4 Perkembangan Ekspor metil salisilat di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton/Tahun)
2017	0
2018	0
2019	0
2020	0
2021	0

(Sumber: un.data, 2017-2021)

Berdasarkan data diatas terlihat bahwa Indonesia beberapa kali tidak dapat mengekspor metil salisilat, hal ini terjadi karena di Indonesia tidak ada pabrik yang memproduksi metil salisilat, dengan demikian bisa dikatakan bahwa pabrik produksi metil salisilat perlu didirikan agar dapat memenuhi kebutuhan nasional maupun ekspor.

1.4.5 Konsumsi Metil Salisilat ($C_8H_8O_3$)

Belum adanya pabrik metil salisilat di Indonesia, membuat kebutuhan dalam negeri hanya bisa didapatkan dengan cara impor. Hal serupa juga terjadi pada negara-negara di ASEAN, sebagian besar metil salisilat masih didapatkan dengan cara impor, Oleh karena itu jumlah konsumsi metil salisilat di ASEAN sama dengan jumlah data impornya. Sehingga diperkirakan pada tahun 2027 konsumsi metil salisilat di ASEAN mencapai 29.640,018 ton.

Tabel 1. 5 Konsumen Metil Salisilat di Indonesia

No	Pabrik	Lokasi	Nama Produk	Komposisi
1	PT. Eagle Indo Pharma (Cap Lang)	Tangerang	<p>Balsem Lang (tersedia dalam ukuran 10, 20 dan 40 gram)</p> <p>Balsem otot geliga (tersedia dalam ukuran 10, 20 dan 40 gram)</p> <p>Balsem aktiv cap lang (tersedia dalam ukuran 20 dan 40 gram)</p> <p>Minyak angin lang (tersedia dalam ukuran 3, 6, 12, 24, dan 36 ml)</p> <p>Minyak angin menthol oil (MAMO) (tersedia dalam ukuran 3, 5, 10, dan 56 ml)</p>	<p>80 mg</p> <p>30%</p> <p>80 mg</p> <p>200 mg</p> <p>370 mg</p> <p>14,80%</p>

			Minyak otot geliga (tersedia ukuran 30 dan 60 ml)	353 mg
			Minyak urut GPU (Gosok-Pijat-Urut) (tersedia ukuran 30 dan 60 ml)	5,00%
			GPU krim jahe (tersedia ukuran 60, 150, dan 250 gram)	5,00%
			GPU krim sereh (tersedia ukuran 60, 150, dan 250 gram)	5,00%
			GPU krim pala (tersedia ukuran 60, 150, dan 250 gram)	160 mg
			Geliga krim (tersedia ukuran 30 dan 60 gram)	
2.	PT. Hisamitsu Pharma Indonesia	Sidoarjo	Salonpas koyo (tersedia ukuran 5 x 2 lembar 6,5	7,18 g /100 g plaster mass

			cm x 4,2 cm dan 2 x 2 lembar 13,0 cm x 8,4 cm)	
			Salonpas hot koyo (tersedia ukuran 5 x 2 lembar 6,5 cm x 4,2 cm dan 12 x 1 lembar 6,5 cm x 4,2 cm)	2,76 g /100 g plaster mass
			Salonpas Pain Relief Patch (tersedia ukuran 3 lembar 7 cm x 10 cm dan 5 lembar 7 cm x 10 cm)	10%
			Salonpas Gel (tersedia ukuran 30 gram)	0,15 g
			Salonpas cream (tersedia ukuran 30 g)	150 mg
			Salonpas cream HOT (tersedia ukuran 30 g)	150 mg

			Salonpas liniment (tersedia ukuran 30 ml dan 50 ml)	1,5840 g (30 ml) dan 2,640 g (50 ml)
			Salonpas Jet Spray (tersedia ukuran 60 ml dan 118 ml)	10%
3.	Konimex	Surakarta	Zeropain (tersedia ukuran 15 gr dan 30 gr)	100 mg
4.	PT Taisho Pharmaceutical Indonesia TBK.	Depok	Counterpain Cream (tersedia ukuran 5, 15, 30, 60, dan 120 gr)	102 mg
			Counterpain PXM (tersedia ukuran 25 gr)	102 mg
5.	Kalbe Farma, PT	Bekasi	Fleximuv cream (tersedia ukuran 30 gr)	5,1%
			Mediflex plus cream (tersedia ukuran 30 dan 75 gr)	10%

6.	PT Molex Ayus Pharmaceutical	Tangerang	Molakrim (tersedia ukuran 15 dan 30 gr)	102 mg
7.	Perseroan Dagang dan Industri Farmasi "AFIAT", PT	Bandung	Afitson Balsem Cengkeh (tersedia ukuran 20 gr)	31,96%
			Afitson Analgesic Balm (tersedia ukuran 3, 8, 13, dan 18 gr)	36,46%
			Afitson Balsem Hijau (tersedia ukuran 20 gr)	24,33%
			Afitson Clove Balm (tersedia ukuran 20 gr)	31,96%
			Afitson Balsem Kuning (tersedia ukuran 20 gr)	195 mg
			Afitson Extra (tersedia ukuran 20 gr)	184,1 mg

			Afitson White Cream (tersedia ukuran 20 gr)	13,32%
			Minyak Urut Pagoda (tersedia ukuran 30 ml)	40,00%
			Pagoda balsem (tersedia ukuran 20 gr)	3,78%
8.	Tempo Scan Pasific tbk, PT	Jakarta	Neo reumacyl merah (30 gr)	150 mg
			Neo reumacyl joint care (30 gr)	5%

1. <http://www.caplang.com/id/product>
2. <https://id.hisamitsu/home/product>
3. <https://www.konimex.com/products>
4. <https://www.taisho.co.id/index.php/id/products>
5. <https://www.kalbe.co.id/id/produk-dan-jasa>
6. <https://id354985-pt-molex-ayus-pharmaceutical.contact.page/>
7. <https://pt-afiat.com/brands/>
8. <https://www.temposcangroup.com/en/our-brands-services>

Berdasarkan beberapa pertimbangan diatas, maka kapasitas perancangan pabrik sebesar 23.000 Ton/Tahun. Penentuan kapasitas 23.000 Ton/Tahun diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan metil salisilat di Indonesia dan negara ASEAN

2. Mengurangi impor metil salisilat yang terus mengalami peningkatan.
3. Memberikan kesempatan pada industri-industri yang menggunakan metil salisilat sebagai bahan baku untuk mengembangkan produksinya dan memperolehnya dengan mudah tanpa harus mengimpor serta dapat menghemat biaya operasi.
4. Membuka lapangan kerja kepada penduduk di sekitar wilayah pabrik ini didirikan.

1.5 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan di dirikan. Lokasi pabrik metil salisilat direncanakan didirikan di Kawasan Industri Akong, Cadas, Kab. Tangerang, Banten. Pertimbangan pemilihan lokasi tersebut sebagai berikut:

1. Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan metil salisilat adalah asam salisilat dan methanol dengan katalis asam sulfat. Metil salisilat dapat diperoleh dari PT Graha Jaya Pratama Kinerja, Cengkareng, Jakarta Barat dan PT. Jrgati Gempita Trijaya, Jakarta Timur. Methanol di dapat dari PT. Pupuk Kujang, Cikampek, Jawa Barat dan asam sulfat dapat diperoleh dari PT. Timur Raya Indah, Banten.

2. Pemasaran

Pemasaran metil salisilat ditunjukan pada industri minyak wangi, bahan baku tinta cetak, campuran bahan insektisida dan solvent untuk selulosa dan derivatnya. Pemasaran metil salisilat dilakukan di Pulau Jawa dan sekitarnya seperti Merak, Jakarta, Tangerang dan Bekasi yang banyak mengkonsumsi produk ini, serta kawasan Asia Tenggara. Untuk distribusi disediakan mobil tangka atau dalam drum-drum dan proses pemasaran keluar negeri dapat dilakukan melalui pelabuhan di Cilegon, Banten.

3. Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja ikut menjadi pertimbangan pendirian sebuah pabrik. Berdirinya pabrik metil salisilat akan membantu mengurangi tingkat pengangguran terutama bagi masyarakat sekitar.

4. Utilitas

Daerah Tangerang merupakan daerah kawasan industri yang telah lengkap dengan segala utilitas yang diperlukan. Kebutuhan air untuk proses dan keperluan lainnya cukup tersedia karena lokasi pabrik dekat dengan sungai Cisadane. Untuk kebutuhan sarana penunjang seperti listrik seluruhnya dipenuhi sedangkan untuk keadaan darurat, pabrik memiliki generator cadangan.

5. Sarana Transportasi

Pada kawasan industri Tangerang telah tersedia sarana transportasi darat yang memadai yaitu jalan raya dan jalan tol. Sarana transportasi yang sangat baik ini, mempermudah permasalahan transportasi bahan baku ke pabrik dan pengiriman produk. Untuk transportasi laut, Tangerang juga merupakan tempat yang tepat karena dekat dengan pelabuhan Merak yang merupakan pelabuhan impor ekspor.

6. Kondisi Tanah dan Iklim

Kondisi tanah yang relatif luas dan merupakan tanah datar, dengan kondisi iklim yang relatif stabil sepanjang tahun sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

II. DESKRIPSI PROSES

2.1 Jenis-jenis Proses Pembuatan Metil Salisilat

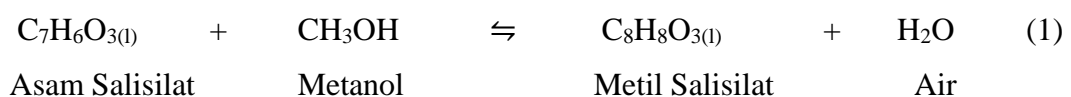
Metil salisilat sering mempunyai rumus molekul $C_8H_8O_2$. Metil salisilat merupakan cairan tidak berwarna, non volatile, sukar larut dalam air, larut dalam alcohol dan eter. Metil merupakan salah satu turunan dari asam karboksilat, secara sintesis dapat dibuat dalam beberapa cara, yaitu asam karboksilat dengan diazomethane, asam salisilat dengan metanol dan asam salisilat dengan dimetil karbonat.

Sintesis dengan menggunakan diazomethane menghasilkan yield yang tinggi tapi membutuhkan biaya yang tinggi, karena harga diazomethane yang mahal (Smith dan March, 2007). Selain itu, metode diazomethane tidak cocok untuk sekala besar, karena zat ini bercun dan mudah meledak secara alami (D'Souza dan Nagaraju, 2007). Sehingga sintesis metil salisilat yang memungkinkan untuk digunakan, yaitu:

A. Sintesis Metil Salisilat Menggunakan Bahan Baku Asam Salisilat dan Metanol

Metil salisilat diproduksi secara sintesis menggunakan esterifikasi dari asam salisilat dengan metanol, untuk tujuan komersil (Kirk dan Othemer, 1998). Sintesis dengan metode ini dikenal dengan esterifikasi fischer. Secara umum esterifikasi fischer adalah reaksi antara asam karboksilat dengan alcohol menggunakan katalis asam.

Reaksi pembentukan metil salisilat adalah sebagai berikut :



Reaksi esterifikasi tergantung pada katalis asam, untuk memproduksi metil salisilat. Agar reaksi berjalan kearah produk, dilakukan penambahan salah satu reaktan yang berlebih, yaitu alcohol (metanol). Metil salisilat yang terbentuk dipisahkan dari metanol berlebih, kemudian metanol tersebut dialirkan kembali. Pemisahan ini dengan mudah dapat tercapai pada skala besar, dimana distilasi sering digunakan untuk memisahkan produk dari produk sampingnya (Hoffman, 2004).

Sintesis metil salisilat menggunakan bahan baku asam salisilat dan metanol dengan katalis asam sulfat merupakan reaksi orde dua. Konstanta laju reaksi (k) untuk esterifikasi asam salisilat dan metanol dengan katalis asam sulfat) dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut :

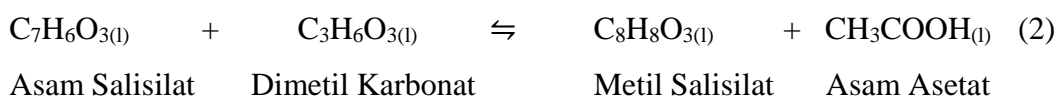
Tabel 2. 1 Konstanta Laju Reaksi Esterifikasi Asam Salisilat dengan Methanol

Temperatur Reaksi (C)	K _f (L/mol.jam)	α (L/mol)
58	0,0122	1,03

Sumber : Chandavasu, 1997

B. Sintesis Metil Salisilat Menggunakan Bahan Baku Asam Salisilat dan Dimetil Karbonat

Penggunaan dimetil karbonat, sebagai methyating reagent dibutuhkan temperature diatas titik didih dari dimetil karbonat dan reaksi ini harus dilakukan dibawah tekanan autogenous dalam sebuah reaktor. Reaksi pembentukan metil salisilat dan dimetil karbonat termasuk reaksi ekterifikasi. Reaksi pembentukan metil salisilat, yaitu :



Proses reaksi menggunakan asam salisilat dengan dimetil karbonat, sama seperti pembuatan metil salisilat menggunakan asam salisilat dengan metanol, tetapi pada

kondisi yang sama, yield metil salisilat yang dihasilkan dengan menggunakan dimetil karbonat lebih rendah dibandingkan dengan metanol (D'Souza dan Nagaraju, 2007)

Sintesis metil salisilat menggunakan bahan baku asam salisilat dan dimetil karbonat merupakan reaksi orde satu, tergantung laju reaksi pada konsentrasi asam salisilat. Konstanta laju reaksi (k) dengan esterifikasi asam salisilat dan dimetil karbonat dengan katalis sulphated zirconia (S-ZrO₂) dapat dilihat pada table 2.2 berikut :

Tabel 2. 2. Konstanta Laju Reaksi Esterifikasi Asam Salisilat dengan Dimetil Karbonat

Temperatur Reaksi (c)	K
150	$0,8 \times 10^{-3}$

Sumber : D'Souza dan Nagaraju, 2007

Energi aktivasi (E_a) esterifikasi asam salisilat dengan dimetil karbonat sebesar 4 kcal.

2.2 Pemilihan Proses

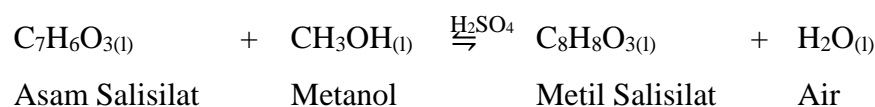
Berdasarkan ketiga proses tersebut, maka untuk pemilihan proses pembuatan metil salisilat perlu ditinjau dari sisi ekonomi, sisi termodinamika dan sisi kinetiknya.

1. Berdasarkan Tinjauan Ekonomi

Tinjauan Ekonomi

1. Reaksi Menggunakan Bahan Baku Asam Salisilat dan Methanol

BM:	C ₇ H ₆ O	= 138	kg/kmol
	CH ₃ OH	= 32	kg/kmol
	H ₂ SO ₄	= 98	kg/kmol
	C ₈ H ₈ O ₃	= 152	kg/kmol
	H ₂ O	= 18	kg/kmol



Diketahui kapasitas produksi metil salisilat 23.000 ton/tahun

$$\begin{aligned}\text{Mol metil salisilat} &= 23.000.000 \text{ kg/tahun} : 152 \text{ kg/kmol} \\ &= 151.315,79 \text{ kmol/tahun}\end{aligned}$$

$$\text{Konversi} = 94,25\%$$

Maka untuk mendapatkan kapasitas produksi 23.000 ton/tahun metil salisilat:

$$\begin{aligned}\text{Mol metil salisilat} &= 151.314,789 + (151.314,789 - (94,25\% \times 151.314,789)) \\ &= 151.314,789 + 8.699,657 \\ &= 160.014,446 \text{ kmol/tahun}\end{aligned}$$

	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3(l)$	+ $\text{CH}_3\text{OH}(l)$	\rightleftharpoons	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3(l)$	+ $\text{H}_2\text{O}(l)$
Mula-mula	169.776,601	1.359.774,048	-	-	-
Bereaksi	160.014,446	160.014,446		160.014,446	160.014,446
Sisa	9.762,155	1.199.759,602		160.014,446	160.014,446

$$\text{Konversi} = \frac{\text{mol yang bereaksi}}{\text{mol umpan}}$$

$$0,9425 = \frac{160.014,446}{\text{mol umpan}}$$

$$\text{Mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 \text{ mula-mula} = \frac{160.014,446}{0,9425}$$

$$\text{Mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 \text{ mula-mula} = 169.776,601 \text{ kmol/tahun}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 \text{ mula-mula} &= 169.971,756 \text{ kmol/tahun} \times 138 \text{ kg/kmol} \\ &= 23.456.102,328 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

$$= 23.456,102 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Harga } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 = 23.456,102 \text{ ton/tahun} \times \$1.000$$

$$= \$23.456.102$$

Rasio $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ dan CH_3OH adalah 1:8, oleh karena itu mol CH_3OH mula-mula adalah

$$\text{Mol } \text{CH}_3\text{OH} \text{ mula-mula} = 8 \times 169.971,756$$

$$= 1.359.774,048 \text{ kmol/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CH}_3\text{OH mula-mula} &= 1.359.774,048 \text{ kmol/tahun} \times 32 \text{ kg/kmol} \\ &= 43.512.769,536 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$= 43.512,770 \text{ ton/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga CH}_3\text{OH} &= 43.512,770 \text{ ton/tahun} \times \$450 \\ &= \$19.580.746,95 \end{aligned}$$

$$\text{Massa C}_8\text{H}_8\text{O}_3 = 160.014,446 \text{ kmol/tahun} \times 152 \text{ kg/kmol}$$

$$= 24.322.195,792 \text{ kg/tahun}$$

$$= 24.322,196 \text{ Ton/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_8\text{H}_8\text{O}_3 &= 24.322,196 \text{ Ton/tahun} \times \$4.200 \\ &= \$102.153.223,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga reaktan} &= \$23.456.102 + \$19.580.746,95 \\ &= \$43.036.848,95 \end{aligned}$$

$$\text{Harga produk} = \$102.153.223,2$$

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan produk} &= \$102.153.223,2 - \$43.036.848,95 \\ &= \$59.116.774,25 \end{aligned}$$

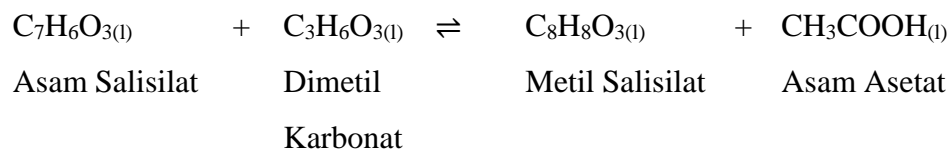
2. Reaksi Menggunakan Bahan Baku Asam Salisilat dan Dimetil Karbonat

$$\text{BM: } \text{C}_7\text{H}_6\text{O} = 138 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{C}_3\text{H}_6\text{O} = 90 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3 = 152 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{CH}_3\text{COOH} = 44 \text{ kg/kmol}$$



Diketahui kapasitas produksi metil salisilat 23.000 ton/tahun

$$\text{Mol metil salisilat} = 23.000.000 \text{ kg/tahun} : 152 \text{ kg/kmol}$$

$$= 151.315,789 \text{ kmol/tahun}$$

$$\text{Konversi} = 86\%$$

Maka untuk mendapatkan kapasitas produksi 23.000 ton/tahun metil salisilat:

$$\begin{aligned} \text{Mol metil salisilat} &= 151.315,789 + (151.315,789 - (86\% \times 151.315,789)) \\ &= 151.315,789 + 21.184,210 \\ &= 172.499,999 \text{ kmol/tahun} \end{aligned}$$

	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3(\text{l})$	+ $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3(\text{l})$	\rightleftharpoons	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3(\text{l})$	+ $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$
Mula-mula	200.581,394	1.203.488,364	-	-	-
Bereaksi	172.499,999	172.499,999		172.499,999	172.499,999
Sisa	28.081,395	1.030.988,365		172.499,999	172.499,999

$$\text{Konversi} = \frac{\text{mol yang bereaksi}}{\text{mol umpan}}$$

$$0,86 = \frac{172.499,999}{\text{mol umpan}}$$

$$\text{Mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 \text{ mula-mula} = \frac{172.499,999}{0,86}$$

$$\text{Mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 \text{ mula-mula} = 200.581,394 \text{ kmol/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 \text{ mula-mula} &= 200.581,394 \text{ kmol/tahun} \times 138 \text{ kg/kmol} \\ &= 27.680.232,372 \text{ kg/tahun} \\ &= 27.680.232,372 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 &= 27.680.232,372 \text{ ton/tahun} \times \$1.000 \\ &= \$27.680.232.372 \end{aligned}$$

Rasio $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ dan $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ adalah 1:6, oleh karena itu mol $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ mula-mula adalah

$$\begin{aligned} \text{Mol } \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \text{ mula-mula} &= 6 \times 200.581,394 \\ &= 1.203.488,364 \text{ kmol/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \text{ mula-mula} &= 1.203.488,364 \text{ kmol/tahun} \times 90 \text{ kg/kmol} \\ &= 108.313.952,76 \text{ kg/tahun} = 108.313,953 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Harga $C_3H_6O_3$	= 108.313.953 ton/tahun x \$1.500 = \$162.470.929.140
Massa $C_8H_8O_3$	= 172.499,999 kmol/tahun x 152 kg/kmol = 26.219.999,848 kg/tahun = 26.220 Ton/tahun
Harga $C_8H_8O_3$	= 26.220 Ton/tahun x \$4.200 = \$110.124.000
Massa CH_3COOH	= 172.499,999 kmol/tahun x 44 kg/kmol = 7.589.999,956 kg/tahun = 7.590 Ton/tahun
Harga CH_3COOH	= 7.590 Ton/tahun x \$400 = \$3.035.999,982
Harga reaktan	= \$27.680.232.372 + \$162.470.929.140 = \$190.151.161.512
Harga produk	= \$110.124.000 + \$3.035.999,982 = \$113.159.999,982
Keuntungan produk	= \$113.159.999,982 - \$81.674.427,62 = \$31.485.572,362

2. Berdasarkan Tinjauan Thermodinamika

Tinjauan thremodinamika bertujuan untuk mengetahui seberapa besar energi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada suatu reaksi. Tinjauan thermodinamika dapat dianalisis dari perubahan enthalpy (ΔH) dan perubahan energy bebas gibbs (ΔG) pada suatu reaksi, dalam hal ini yaitu reaksi pembentukan Metil Salisilat (Hapsari & Cahyana, 2018).

Perubahan entalpi menunjukkan seberapa besar panas yang dibutuhkan atau dilepaskan suatu reaksi. Jika perubahan entalpi satu bernilai positif ($+\Delta H$) reaksi tersebut membutuhkan atau menyerap panas dari lingkungannya yang biasa disebut reaksi endoterm, sedangkan jika perubahan entalpi pada suatu sistem bernilai negatif ($-\Delta H$) maka reaksi tersebut melepaskan panas dari sistem ke lingkungannya

yang biasa disebut eksoterm (Sunarya, 2014). Jadi besar kecilnya panas yang perlu disuplai pada suatu reaksi dapat diketahui dari nilai perubahan entalpi reaksi tersebut.

Suatu reaksi dapat berlangsung secara spontan atau tidak spontan dapat dilihat dari seberapa besar perubahan energy gibbsnya. Jika perubahan energy perubahan energy gibbs reaksi bernilai negative ($-\Delta G$) maka reaksi dapat berlangsung spontan, sedangkan jika perubahan energy bebas gibbs bernilai positif ($+\Delta G$) maka reaksi tidak dapat berlangsung secara tidak spontan sehingga membutuhkan energy tambahan agar reaksi dapat berlangsung spontan (Vernandes, 2017).

Berikut data energi bebas gibbs pembantukan (ΔG_f°) dan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada keadaan standar ($T = 298 \text{ K}$) :

Tabel 2. 3 Data Energi Bebas Gibbs dan Panas Pembentukan Standar

Komponen	ΔG_f° (kJ/mol)	ΔH_f° (kJ/mol)
CH ₃ OH	-162,51	-201,17
C ₇ H ₆ O ₃	-365,21	-466,35
C ₈ H ₈ O ₃	-339	-464,3
H ₂ O	-228,6	-241,8

Sumber : Yaws, 1997, Tab 8-1, hal. 177, 178, 179, 187, 188 dan Tab B-1, hal. 204

1. Reaksi Menggunakan Bahan Baku Asam Salisilat dan Metanol



$$\Delta H_{rx} = (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298} \quad (\text{Bird}, 1974)$$

$$\Delta H_{rx} = \sum(n \times H_f)_{\text{produk}} - \sum(n \times H_f)_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{R_x}^\circ &= (\Delta H_f^\circ \text{ C}_8\text{H}_8\text{O}_3 + \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^\circ \text{ C}_7\text{H}_6\text{O}_3 + \Delta H_f^\circ \text{ CH}_3\text{OH}) \\ &= (-464,3 + (-241,8)) - (-466,35 + (-201,17)) \end{aligned}$$

$$= - 38,58 \text{ kJ/mol (eksoterm)} = - 38.580 \text{ J/mol (eksoterm)}$$

Untuk menghitung ΔH dan ΔG pada kondisi reaksi, yaitu pada temperature 58°C (331 K), dibutuhkan data pada tabel 2.4 berikut :

Tabel 2. 4 Konstanta untuk Perhitungan Kapasitas Panas

Komponen	A	B	C	D	E
CH ₃ OH	40,152	3,1046E-01	-1,0291E-03	1,4598E-06	0
C ₇ H ₆ O ₃	72,299	1,107E+00	-2,702E-03	2,70 E - 06	0
C ₈ H ₈ O ₃	97,902	1,0367E+00	-2,4663E-03	2,4373E-06	0
H ₂ O	92,056	-3,9953E-02	-2,1103E-04	5,3469E-07	0

Sumber : Yaw, 2003

$$\Delta H_{R_x}^{331} = \Delta H_R + \left(\int_{298}^{331} C_{pi} dT \right) \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$\Delta H_{R_x}^{331} = \Delta H_R + \Delta A (T - T_{ref}) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_{ref}^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_{ref}^3) + \frac{\Delta D}{4} (T^4 - T_{ref}^4) + \frac{\Delta E}{5} (T^5 - T_{ref}^5)$$

Dari Tabel 2.4 Maka diperoleh besarnya ΔA , ΔB , dan ΔC sebagai berikut

$$\Delta A = \sum_i n_i A_i$$

$$\Delta A = (-1) \times (97,902) + (-1) \times (92,056) + (1 \times 72,299) + (1 \times 40,152)$$

$$\Delta A = -7,75 \times 10^1$$

Dengan cara yang sama didapatkan :

$$\Delta B = 4,00 \times 10^2$$

$$\Delta C = -1,05 \times 10^{-3}$$

$$\Delta D = -5,35 \times 10^{-3}$$

$$\Delta E = 0$$

Sehingga dapat dihitung ΔH untuk reaksi pembentukan metil salisilat pada temperature 58 C (331 K), yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta H_{R_x}^{331} &= \Delta H_R + \left(\int_{298}^{331} C_{p_i} dT \right) && \text{(Smith, 2001)} \\ &= (-38580) + (-1,36 \times 10^6) \\ &= \mathbf{-1.402.134,088 \text{ J/mol} = 1.402,134 \text{ kJ/mol (Eksoterm)}}\end{aligned}$$

- Menghitung ΔG

$$\begin{aligned}\Delta G_0 &= (\Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}})_{298} \\ \Delta G_0 &= (\Delta G_f^\circ \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3 + \Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G_f^\circ \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 + \Delta G_f^\circ \text{CH}_3\text{OH}) \\ &= (-339 + (-228,6)) - (-365,21 + (-162,51)) \\ &= -39,88 \text{ kJ/mol (spontan)} = -39.880 \text{ J/mol (spontan)}\end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai *Gibbs free energy* (ΔG°) digunakan persamaan :

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$$

Dimana :

ΔH° = entalpi reaksi pada suhu operasi

T = Suhu

ΔS = entropi

$$d\Delta S^\circ = \Delta C_p^\circ \frac{dT}{T}$$

$$\Delta S^\circ = \Delta S_0^\circ + \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ dT}{T}$$

$$\Delta S^\circ = \Delta S_0^\circ + \Delta C_p^\circ \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S_0^\circ = \frac{\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ}{T_0}$$

$$\Delta S_0^\circ = \frac{-38,58 - (-39,88)}{298,15} = 0,00436 \text{ kJ.mol K}$$

$$\Delta C_p^\circ \ln \frac{T_2}{T_1} = 21.438,73 \frac{331,15}{298,15} = 2.250,52 \text{ kJ/kmol K}$$

Jadi,

$$\Delta S^\circ = 0,00436 \text{ kJ.mol K} + 2.250,52 \text{ kJ/kmol K}$$

$$\Delta S^\circ = 2.250,524 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$$

$$= -38,58 \text{ kJ/mol} - (331,15 \text{ K} \times 2.250,524 \text{ kJ/mol K})$$

$$= -745,299,721 \text{ kJ/mol}$$

Pada proses produksi metil salisilat melalui proses esterifikasi asam salisilat dan metanol menghasilkan ΔG sebesar $-745,299,721 \text{ kJ/mol}$. Nilai ΔG yang bernilai negatif ini menunjukkan bahwa reaksi berlangsung secara spontan.

2. Reaksi Menggunakan Bahan Baku Asam Salisilat dan Dimetil Karbonat



$$\Delta H_{\text{Rx}}^{\circ} = (\Delta H_{\text{f}}^{\circ} \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3 + \Delta H_{\text{f}}^{\circ} \text{CH}_3\text{COOH}) - (\Delta H_{\text{f}}^{\circ} \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 + \Delta H_{\text{f}}^{\circ} \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)$$

$$= (-464,3 + (-434,84)) - (-466,35 + (-563,00))$$

$$= +130,21 \text{ kJ/mol} = 130.210 \text{ J/mol (endoterm)}$$

$$\Delta G_{\text{R}}^{\circ} = (\Delta G_{\text{f}}^{\circ} \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3 + \Delta H_{\text{f}}^{\circ} \text{CH}_3\text{COOH}) - (\Delta G_{\text{f}}^{\circ} \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 + \Delta G_{\text{f}}^{\circ} \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)$$

$$= (-339 + (-376,69)) - (-365,21 + (-457,00))$$

$$= + 106,52 \text{ kJ/mol} = 106.520 \text{ J/mol (non spontan)}$$

Berdasarkan nilai ΔG° yang telah didapatkan sebesar $-106,52 \text{ kJ/mol}$ menunjukkan bahwa reaksi pembentukan metil salisilat dapat berlangsung dengan membutuhkan energi, karena diperoleh nilai $\Delta G^{\circ} > 0$, sehingga membutuhkan energi berupa panas.

Untuk menghitung ΔH dan ΔG pada kondisi reaksi, yaitu pada temperature 150°C (423 K), dibutuhkan data pada tabel 2.5 berikut :

Tabel 2. 5 Konstanta untuk Perhitungan Kapasitas Panas

Komponen	A	B	C	D	E
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	42,745	1,0047E+00	-2,3923E-03	2,3077E-06	0
$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$	72,299	1,107E+00	-2,702E-03	2,70E-06	0

$C_8H_8O_3$	97,902	1,0367E+00	-2,4663E-03	2,4373E-06	0
CH_3COOH	-18.944	1.0971E+00	-2.8921E-03	2.9275E-06	0

Sumber : Yaw, 2003

$$\Delta H_{R_{X}}^{423} = \Delta H_R + \left(\int_{298}^{423} C_{pi} dT \right) \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$\Delta H_{R_{X}}^{423} = \Delta H_R + \Delta A (T - T_{ref}) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_{ref}^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_{ref}^3) + \frac{\Delta D}{4} (T^4 - T_{ref}^4) + \frac{\Delta E}{5} (T^5 - T_{ref}^5)$$

Sehingga dapat dihitung ΔH untuk reaksi pembentukan metil salisilat pada temperature 150 C (423 K), yaitu sebagai berikut :

$$\Delta H_{R_{X}}^{331} = \Delta H_R + \left(\int_{298}^{331} C_{pi} dT \right) \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$= 130.210 + (5,21 \times 10^6)$$

$$= \mathbf{5.211.442,3 \text{ J/mol} = 5.211,44 \text{ kJ/mol (endoterm)}}$$

- Menghitung ΔG

Untuk menghitung nilai *Gibbs free energy* (ΔG^0) digunakan persamaan :

$$\Delta S_0^0 = \frac{\Delta H_0^0 - \Delta G_0^0}{T_0}$$

$$\Delta S_0^0 = \frac{130,21 - (106.520)}{298,15} = 0,0795 \text{ kj.mol K}$$

$$\Delta C_p^0 \ln \frac{T_2}{T_1} = 26.995,485 \text{ kj/kmol K}$$

Jadi,

$$\Delta S^0 = 0,0795 \text{ kj.mol K} + 26.995,485 \text{ kj/kmol K}$$

$$\Delta S^\circ = 26.995,56 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$$

$$= 440.600,351 \text{ J/mol} = 440,6 \text{ kJ/mol (non spontan)}$$

Tabel 2. 6 Perbandingan Proses Pembuatan Metil Salisilat

No	Keterangan	Jenis Proses	
		1	2
1	Bahan Baku	Asam Salisilat dan Metanol	Asam Salisilat dan Dimetil Karbonat
2	Katalis	Asam Sulfat	Zirkonium Tersulfitasi
3	Keuntungan	\$59.116.774,25	\$31.485.572,362
4	Konversi (%)	94,25	86
5	Kondisi Operasi (°C)	58	150
6	ΔG_{298} (kJ/mol)	-39,88	106,52
7	ΔH_{298} (kJ/mol)	-38,58	130,21
8	ΔG_{reaksi} (kJ/mol)	-745,299,721	440,6
9	ΔH_{reaksi} (kJ/mol)	-1.690,6	5.211,44

Maka proses sintesis metil salisilat yang dipilih adalah proses pertama, yaitu dengan menggunakan bahan baku asam salisilat dan metanol. Dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Tidak menggunakan bahan baku yang harganya mahal seperti pada proses kedua, sehingga mengurangi biaya produksi.

- b. Konversi yang diperoleh pada proses pertama lebih besar dibandingkan proses kedua.
- c. Temperatur reaksi pada proses pertama lebih rendah dibandingkan proses kedua.

2.3 Deskripsi Proses

Proses pembuatan metal salisilat secara garis besar dibagi menjadi tahap proses, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap proses esterifikasi
3. Tahap pemurnian dan penyimpanan produk

C.1 Persiapan Bahan baku

Bahan baku yang digunakan yaitu methanol yang disimpan di storage tank 101 (ST-101), asam salisilat (SS-101) dan katalis asam sulfat (ST-102). Asam salisilat akan dilarutkan menggunakan metanol dari storage tank (ST-101) dan recycle dari menara distilasi (DC-101) kedalam mixing tank (MT-101). Aliran yang keluar dari MT-101 kemudian dipanaskan hingga mencapai temperatur 58 °C dan katalis asam sulfat (fresh dan recycle) sebelum masuk reaktor didinginkan dahulu sehingga mencapai temperature 58 °C. Kemudian katalis asam sulfat dan keluaran MT-101 dialirkan ke reaktor (RE-201).

C.2 Proses Esterifikasi

Pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan metil salisilat, dengan mereaksikan asam salisilat yang telah dilarutkan dengan metanol dan katalis asam sulfat ke dalam reaktor (RE-201). Reaksi ini merupakan reaksi esterifikasi dengan bantuan katalis asam sulfat. Reaksi yang terjadi didalam RE-201 merupakan reaksi isothermal pada temperature 58 °C dan tekanan 1 atm. Reaktor yang digunakan adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Reaksi yang terjadi merupakan reaksi reversible (bolak-balik) dan eksoterm, sehingga diperlukan pendingin berupa koil pendingin yang dialiri air pendingin untuk menjaga temperature reaksi tetap 58 °C. reaksi yang terjadi di RE-201 adalah :



Produk yang keluar dari RE-201 adalah metil salisilat, air, asam salisilat, asam sulfat dan metanol dengan temperature 58 °C yang selanjutnya akan dipanaskan mencapai suhu 74°C sebagai umpan masuk distilasi DC-301.

C.2 Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Pada tahap pemurnian ini bertujuan untuk mendapatkan metil salisilat dengan kemurnian 99,98%. Produk hasil reaksi keluaran dari decanter akan dipisahkan dengan mengalirkan ke menara distilasi yang dilakukan pada dua tahap pemisahan.

Pemisahan tahap pertama dilakukan pada Distillation Coloum 301 (DC-301). Hasil keluaran CD-301 adalah methanol yang kemudian dialirkan ke MT-101 dan keluaran RB-301 yang menjadi umpan DC-302. Hasil keluaran CD-302 berupa air yang akan masuk ke pengolahan limbah dan keluaran RB-302 menjadi umpan DC-303. Hasil keluaran DC-303 berupa produk yaitu metil salisilat dengan kemurnian 99% yang akan di simpan di ST-303 dan keluaran RB-303 yaitu asam sulfat dan asam salisilat yang akan dialirkan menjadi umpan RE-201.

III. SIFAT DAN SPESIFIKASI BAHAN

3.1 Bahan Baku Utama

3.1.1 Asam Salisilat ($C_7H_6O_3$)

Bentuk	=	Solid (Butiran Kristal) berwarna putih
BM	=	138,12 kg/kmol
Titik didih	=	255,85°C (1 atm)
Densitas (30°C)	=	1,443 g/cm ³ (20°C)
Bulk Density	=	400 – 500 kg/m ³
Flash point	=	157°C (dalam tangka tertutup)
Temperatur Kritis	=	465,85°C
Tekanan Kritis	=	51,12 atm
Kadar	=	99%
Kelarutan	=	Larut dalam air (2gr/L) Larut dalam Metanol

3.1.2 Methanol (CH_3OH)

Bentuk	=	Cairan bening dan tidak berwarna
BM	=	32,04 kg/kmol
Titik didih	=	64,7°C (1 atm)
Densitas	=	0,792 g/cm ³ (20°C)
Flash Point	=	12°C (dalam tangki tertutup), 16°C (dalam tangki terbuka)
Temperatur Kritis	=	239,43°C
Tekanan Kritis	=	79,9 atm
Kelarutan	=	Larut sempurna dalam air

Kemurnian = 99,85%

3.1.3 Asam Sulfat (H_2SO_4)

Bentuk = Cairan tidak berwarna dan korosif
 BM = 98,07 kg/kmol
 Titik Didih = 337°C (1 atm)
 Densitas (30°C) = 1,84 gr/ml
 Temperatur Kritis = 701°C
 Tekanan Kritis = 63,16°C
 Kadar = 98%
 Kelarutan dalam air = ∞ (soluble)

3.2 Spesifikasi Produk

3.2.1 Metil Salisilat ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$)

Bentuk = Cairan bening dan tidak berwarna
 BM = 152 kg/kmol
 Titik didih = 220,5°C (1 atm)
 Densitas (25°C) = 1,184 gr/cm³ (20°C)
 Temperatur Kritis = 427,85°C
 Tekanan Kritis = 40,37°C
 Kadar = 99,5%
 Kelarutan (gr/100 gr) = 0,7 (dalam air)
 Kemurnian = 95%

3.2.2 Air (H_2O)

Bentuk = Cairan tidak berwarna dan tidak berbau
 BM = 18 kg/kmol
 Titik Didih = 100°C
 Densitas (25°C) = 1 g/cm³

Kapasitas Panas	=	1 kkal/kg.°C
Temperatur Panas	=	374,3°C
Tekanan Kritis	=	218,3 atm

X. SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Metil salisilat dari asam salisilat dan methanol dengan kapasitas 23.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. Percent Return on Investment (ROI) sesudah pajak adalah 25,87%.
2. Pay Out Time (POT) sesudah pajak adalah 2 tahun 5,67 bulan
3. Break Even Point (BEP) sebesar 46,61% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60 % kapasitas produksi. Shut Down Point (SDP) sebesar 26,57%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF) sebesar 32,71 %, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2 Saran

Pabrik Metil Salisilat dari Asam salisilat dan methanol dengan kapasitas 23.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2019. www.alibaba.com. Diakses 13 November 2022 pukul: 13.15.
- Anonimous G, 2020. www.matches.com. Diakses pada tanggal 29 Agustus 2023 pukul 19.35 WIB.
- Brown G.George. 1950. *Unit Operation 6^{ed}*. Wiley & Sons. USA.
- Brownell Lloyd E. and Young Edwin H. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Chandavsu.1997. *Pervaporation-Assisted Esterification Of Salicylic Acid*. New Jersey Institute of Technology
- Chemical Engineering Essentials For The Cpi Professional. 2023. www.chemengonline.com. Diakses 30 Agustus 2023 pukul: 14.30.
- Coulson J.M., and Richardson J.F. 1983. *Chemical Engineering Volume 2 5th Edition Particle Technology and Separation Process*. Butterworth-Heinemann. Washington.
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and unit Operation 3th Edition*. Allyn & Bacon Inc. New Jersey.
- Google Maps. 2023 www.google.com/maps. Diakses 27 Agustus 2023 pukul: 17.00.

Himmeblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 6th Edition*. Prentice Hall Inc. New Jersey.

Holman, J.P. 2002. *Heat Transfer*, Mc.Graw-Hill, Inc. Amerika Serikat

Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mc-Graw-Hill. New York.

Kirk, R.E and Othmer. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology*. International Student Edition. Mc.Graw-Hill Kogasuka Company Ltd, Tokyo.

Mc. Cabe W.L. and Smith J.C., 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga. Jakarta.

Perry, Robert H and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th edition*. McGraw Hill. New York.

Pertamina. 2023. pertamina.com. Diakses 19 Agustus 2023 pukul: 20.00.

PLN. 2023. web.pln.co.id. Diakses 19 Agustus 2023 pukul: 10.46.

Powell, S. 1954. *Water Conditioning for Industry*. Mc-Graw Hill Book Company. New York.

Pubchem. 2023. pubchem.ncbi.nlm.nih.gov. Diakses 13 November 2022 pukul: 09.40.

Rase, H.F and Holmes JR. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Volume One : Principles and Techniques*. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2006. *Chemical Engineering Thermodynamics 7th edition*. McGraw Hill : New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th edition*. Mc-Graw Hill Book Company. New York.

Treyball, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation 3rd edition*. McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.

Ulrich.G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc. New York.

Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann. Washington.

Yaws, Carl L. 1996. *Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety*. Gulf Publishing Company. Huston, Texas.