

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

(Skripsi)

Oleh:

GHEA MAULIDACO ANANDATI

1815041017



JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2023

ABSTRAK

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

(Tugas Khusus Reaktor (RE-201))

Oleh

GHEA MAULIDACO ANANDATI

Pabrik metil salisilat dengan bahan baku asam salisilat dan metanol rencananya akan dibangun di Cadas, Tangerang, Banten. Pendirian pabrik ini didasarkan pada pertimbangan sumber daya bahan baku, transportasi, ketersediaan tenaga kerja serta kondisi lingkungan.

Pabrik ini direncanakan memproduksi metil salisilat sebanyak 23.000 ton/tahun dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan terdiri dari metanol 1.851,362 kg/jam dan asam salisilat 998 kg/jam.

Unit utilitas terdiri dari sistem penyediaan air, sistem penyediaan uap, sistem penyediaan udara dan listrik instrumen, dan sistem pengolahan limbah. Bentuk badan usahanya adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan menggunakan struktur organisasi lini dan staf dengan jumlah pekerja sebanyak 168 orang.

Dari analisis ilmu ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp893.134.833.440,054
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp157.612.029.430,598
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp1.050.746.862.870,650
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= Rp296.577.287.909
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= Rp169.054.919.863,60
<i>Pay Out Time after taxes (POT)_a</i>	= 2,473 tahun
<i>Return on Investment after taxes (ROI)_a</i>	= 25,87%

Mempertimbangkan rangkuman di atas, maka pendirian pabrik metil salisilat ini patut dikaji lebih lanjut, karena pabrik tersebut menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

Kata kunci: Metil Salisilat, Asam Salisilat, Metanol, Asam Sulfat, Ekonomi

ABSTRACT

MANUFACTURING OF METHYL SALICYLATE FROM SALICYLIC ACID AND METHANOL WITH ESTERIFICATION METHOD CAPACITY 23.000 TONS/YEAR (Design of Reactor (RE-201))

By

GHEA MAULIDACO ANANDATI

Methyl salicylate plant with materials, salicylic acid and methanol is planned to be built in Cadas, Tangerang, Banten. Establishment of this plant is based on some consideration due to the raw material resources, the transportation, the labors availability and also the environmental condition.

This plant is mean to produce 23.000 tons/year methyl salicylate with operation time 24 hours/day, 330 days/year. Raw materials used consist of methanol 1.851,362 kg/hour and 998 kg/hour of salicylic acid.

The utility units consist of water supply system, steam supply system, instrument air and electricity supply system, and waste treatment system. The bussines entity form is Limited Liability Company (Ltd) Using line and staff organizational structure with 168 labors.

Form the economics analysis, it is obtained that:

Fixed Capital Investment (FCI)	= Rp893.134.833.440,054
Working Capital Investment (WCI)	= Rp157.612.029.430,598
Total Capital Investment (TCI)	= Rp1.050.746.862.870,650
Break Even Point (BEP)	= Rp296.577.287.909
Shut Down Point (SDP)	= Rp169.054.919.863,60
Pay Out Time after taxes (POT)a	= 2,473 years
Return on Investment after taxes (ROI)a	= 25,87%

Considering the summary above, it is proper to study the establishment of methyl salicylate plant further, because the plant is profitable and has good prospects.

Key Words: Methyl Salicylate, Salicylate Acid, Methanol, Sulfuric Acid, Economic

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

(Skripsi)

**Tugas Khusus
Perancangan Reaktor (RE-201)**

**Oleh:
GHEA MAULIDACO ANANDATI
(1815041017)**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

pada

**Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA 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 Reaktor (RE-201))**

Nama Mahasiswa : **Ghea Maulidaco Anandati**

No. Pokok Mahasiswa : **1815041017**

Jurusan : **Teknik Kimia**

Fakultas : **Teknik**



1. Komisi Pembimbing

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 : **Simpardin Br. Ginting, S.T., M.T.**

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

Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Joni Agustian, S.T., M.Sc.**

Yuli Darni, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **2 November 2023**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar Pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Desember 2023



Ghea Maulidaco Anandati

NPM. 1815041017

RIWAYAT HIDUP



Ghea Maulidaco Anandati, penulis laporan ini dilahirkan di Bandung pada tanggal 28 Februari 2001, sebagai putri pertama dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Daud dan Ibu Tuti Martinawati.

Penulis Menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Kartika II-6 Palembang pada tahun 2006, Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 50 Palembang pada tahun 2012, Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 29 Palembang pada Tahun 2015 dan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 6 Palembang pada Tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Pada tahun 2021 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kecamatan Sematang Borang, Palembang Sumatera Selatan. Pada tahun 2022, penulis melakukan Kerja Praktik di PT Buma Cima Nusantara Pabrik Gula Bungamayang, di Desa Negara Tulang Bawang, Kecamatan Bungamayang, Lampung Utara. Dengan judul Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Vacuum Pan A* pada Stasiun Masakan”. Selain itu penulis juga telah melakukan penelitian dengan judul “Sintesis Biofoam Dari Pati Kulit Singkong Dan Pati Kulit Pisang Serta Kitosan Sebagai Aditif” yang telah terpublikasi.

Selama kuliah penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Staff magang Departemen Riset Himatemia FT Unila Periode 2018, Staff Departemen Akademi dan Riset Forum Silaturahmi dan Studi Islam Mahasiswa Fakultas Teknik (FOSSI-FT Unila) periode 2019, Staff Departemen Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) periode 2019 dan 2020, Sekretaris Departemen Akademi dan Riset Forum Silaturahmi dan Studi Islam Mahasiswa Fakultas Teknik (FOSSI-FT Unila) periode 2020. Penulis juga pernah mendapatkan penghargaan sebagai Peraih Pendanaan

Program Kreativitas Mahasiswa bidang Kewirausahaan (PKM-K) pada tahun 2020 dengan judul PKM “Mie Instan Sehat dengan Ekstrak Sayur dan Tanaman Rimpang yang Diperkaya Penyedap Alami dari Jamur”. Serta di tahun 2022 penulis diberikan kesempatan kembali mendapatkan penghargaan sebagai Peraih Pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa bidang Riset Eksakta (PKM-RE), dengan judul proposal “Sintesis Biofoam Berbasis Campuran Pati Kulit Singkong dan Kulit Pisang Kepok dengan Aditif Kitosan untuk Meningkatkan Sifat Mekanik dan Hidrofobitas”.

Motto dan Persembahan

Allah tidak membebani hambanya melainkan sesuai dengan kesanggupannya

- Q.S Al-Baqarah, 2 : 286 -

“God has perfect timing, never early, never late. It takes a little patience and it takes a lot of faith, but it’s worth to wait”

Allah menaruhmu di tempatmu yang sekarang bukan karena kebetulan, tapi Allah telah menentukan jalan terbaik untukmu, Allah sedang melatihmu menjadi kuat dan hebat. Manusia yang hebat tidak dihasilkan melalui kemudahan, kesenangan dan kenyamanan. Tapi mereka dibentuk dengan kesukaran, tantangan dan air mata.

-Ustz Halimah Alaydrus-

Tiada lembar skripsi yang paling indah dalam laporan skripsi ini kecuali lembar persembahan, Bismillahirrahmanirrahim Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Allah SWT yang telah kemudahan, kelancaran dan pertolongan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik

Kedua orang tua saya yang sangat saya sayangi dan cintai, Bapak Daud dan Ibu Tuti Martinawati yang selalu melangitkan doa-doa baik hari ini, esok dan seterusnya serta memberi motivasi dan semangat untuk saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima Kasih sudah mengantarkan saya sampai ditempat ini, saya persembahkan karya tulis sederhana ini untuk bapak dan mama.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir dengan Judul “Prarancangan Pabrik Metil Salisilat dari Asam Salisilat ($C_7H_6O_3$) dan Metanol (CH_3OH) dengan Metode Esterifikasi Kapasitas 23.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Penanggung Jawab Mata Kuliah Tugas Akhir.
3. Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
4. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat bermanfaat dikemudian hari.
5. Bapak Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberikan banyak saran dan kritikan dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
6. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberikan pengarahan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.

7. Ibu Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi selama masa kuliah.
8. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung atas semua ilmu yang telah diberikan selama masa studi. Semoga dapat menjadi bekal dan acuan untuk terius berkembang di masa depan.
9. Bapak dan mama terima kasih atas segala bentuk cinta dan kasih sayang yang telah diberikan, doa yang sangat luar biasa mujarab, dukungan, kepercayaan, semangat dan kekuatan yang telah diberikan terus-menerus tanpa henti selama saya menyusun dan melaksanakan pengerjaan tugas akhir ini. Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan berjuta-juta pengorbanan dan kasih sayang yang tidak akan pernah berakhir.
10. Adik-adik ayuk, Anisa, Bambang dan Agung yang selalu menjadi penghibur dikala senang dan sedih yaa walau agak sedikit menyebalkan haha.
11. Keluarga besar atas doa dan segala bentuk dukungan baik materi maupun moril yang telah diberikan selama ini.
12. Thalya Miranda selaku partner penulis selama menyusun tugas akhir selama lebih dari 1 tahun ini, selalu saling kasih dukungan satu sama lain, suka duka kita lewati. Alhamdulillah akhirnya kita bisa sampe dititik ini meraih gelar S.T. Semoga kedepannya kita diberikan kesuksesan dan diberikan kemudahan serta kelancaran dalam mencari pekerjaan yaa thal aamiin.
13. Teman yang telah membantu mendengarkan curhatan serta keluh kesah selama penyusunan tugas akhir, memberi hiburan serta semangat terkhusus Kak Rian, teman gajeku yang selalu ada dikala aku minta tolong dan sedih Ulan dan Yuni, serta temen-teman lain yang telah mengisi hari-hariku selama di Bandar Lampung ini Rachel, Titin, Okta, Agita, Eka, Kiki, Cece, Dela, Tya, Nitha, Eva, Erisha dan Thalya.
14. Teman-teman Angkatan 2018 Teknik Kimia Universitas Lampung yang namanya tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, karena bakalan sangat panjang. Terima kasih sudah memenami perjalanan penulis selama ini. Semoga di lain waktu kita bisa bertemu kembali dalam keadaan yang sukses, aamiin.

15. *Last but not least*, saya ingin berterima kasih kepada diri saya sendiri, Ghea Maulidaco Anandati karena telah mampu untuk terus berusaha dan berjuang dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Mampu mengendalikan diri walau banyak tekanan keadaan dan terima kasih tidak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit apapun proses dalam tahap untuk mencapai gelar S.T.
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu Semoga Allah SWT membalas Semua kebaikan kalian dengan lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 20 Desember 2023

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ghea Maulidaco Anandati', written in a cursive style.

Ghea Maulidaco Anandati

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	viii
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	11
II. DESKRIPSI PROSES	13
2.1 Jenis-jenis Proses Pembuatan Metil Salisilat	13
2.2 Pemilihan Proses	15
2.3 Deskripsi Proses	26
III. SIFAT DAN SPESIFIKASI BAHAN	28
3.1 Bahan Baku Utama.....	28
3.2 Spesifikasi Produk	29
IV. NERACA MASSA DAN ENERGI	30
4.1 Neraca Massa.....	30
4.2 Neraca Energi	43
V. SPESIFIKASI ALAT	53
5.1 Spesifikasi Peralatan Proses	53
5.2 Spesifikasi Alat Utilitas	73
VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	103
6.1 Unit Penyediaan air	103

6.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik	113
6.3 Unit Penyediaan Bahan Bakar	113
6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan.....	113
6.5 Unit Pengolahan Limbah.....	114
6.6 Unit Laboratorium.....	114
6.7 Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	117
VII. TATA LETAK PABRIK	119
7.1 Lokasi Pabrik.....	119
7.2 Tata Letak Pabrik	121
7.3 Estimasi Area Pabrik	124
7.4 Tata Letak Peralatan Proses.....	125
VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN	128
8.1 Bentuk Perusahaan	128
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	130
8.3 Tugas Dan Wewenang.....	133
8.4 Status Karyawan Dan Sistem Penggajian	139
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	140
8.6 Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan.....	142
8.7 Kesejahteraan Karyawan	146
IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI	149
9.1 Investasi.....	149
9.2 Evaluasi Ekonomi.....	154
9.3 Angsuran Pinjaman	156
9.4 Discounted Cash Flow (DCF)	156
X. SIMPULAN DAN SARAN	158
10.1 Simpulan.....	158
10.2 Saran.....	158
DAFTAR PUSTAKA	159

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 Konsumen Metil Salisilat di Indonesia	5
Tabel 2.1 Konstanta Laju Reaksi Esterifikasi Asam Salisilat dengan Methanol ...	14
Tabel 2.2 Konstanta Laju Reaksi Esterifikasi Asam Salisilat dengan Dimetil Karbonat.....	15
Tabel 2.3 Data Energi Bebas Gibbs dan Panas Pembentukan Standar	20
Tabel 2.4 Konstanta untuk Perhitungan Kapasitas Panas	21
Tabel 4.1 Neraca Massa Fmt.....	30
Tabel 4.2 Neraca Massa Reactor 01 (RE-201).....	31
Tabel 4.3 Neraca Massa Distillation Colomn (DC-101).....	33
Tabel 4.4 Neraca Massa Condensor (CD-302)	34
Tabel 4.5 Neraca Massa Reboiler (RB-301)	35
Tabel 4.6 Neraca Massa Distillation Colomn (DC-302).....	36
Tabel 4.7 Neraca Massa Condensor (CD-302)	37
Tabel 4.8 Neraca Massa Reboiler (RB-302)	38
Tabel 4.9 Neraca Massa Distillation Colomn (DC-303).....	40
Tabel 4.10 Neraca Massa Condensor (CD-301)	41
Tabel 4.11 Neraca Massa Reboiler (RB-303)	42
Tabel 4.12 Neraca Energi Total MT-101	44
Tabel 4.13 Neraca Energi Total pada HE-101	45
Tabel 4.14 Neraca Energi Total RE-201	46
Tabel 4.15 Neraca Energi Total pada HE-102	47
Tabel 4.16 Neraca Energi Total pada HE-102	48
Tabel 4.17 Neraca Energi Total pada HE-102	50
Tabel 4.18 Neraca Energi Distillation Colomn (DC-303)	51
Tabel 4.19 Neraca Energi Cooler (CO-304)	52
Tabel 4.20 Neraca Energi Cooler (CO-302)	52

Tabel 4.21 Neraca Energi Cooler (CO-303)	52
Tabel 5.1 Spesifikasi Alat SS-102	53
Tabel 5.2 Spesifikasi Storage Tank (ST-101)	53
Tabel 5.3 Spesifikasi Storage Tank (ST-101)	54
Tabel 5.4 Spesifikasi Storage Tank (ST-104)	54
Tabel 5.5 Spesifikasi Screw Conveyor (SC - 101)	55
Tabel 5.6 Spesifikasi Bucket Elevator (BE-101)	56
Tabel 5.7 Spesifikasi Alat SS-102	56
Tabel 5.8 Spesifikasi Dissolving Tank (DT-101)	56
Tabel 5.9 Spesifikasi Reaktor 201 (RE-201)	57
Tabel 5.10 Spesifikasi Distillation Column I (DC-301)	59
Tabel 5.11 Spesifikasi Accumulator (AC-301).....	59
Tabel 5.12 Spesifikasi Reboiler (RB-301)	60
Tabel 5.13 Spesifikasi Condenser (CD-301)	60
Tabel 5.14 Spesifikasi Distillation Column II (DC-302)	61
Tabel 5.15 Spesifikasi Accumulator (AC-302).....	62
Tabel 5.16. Spesifikasi Reboiler (RB-302)	62
Tabel 5.17 Spesifikasi Condenser (CD-302)	63
Tabel 5.18 Spesifikasi Distillation Column I (DC-301)	63
Tabel 5.19 Spesifikasi Accumulator (AC-301).....	64
Tabel 5.20 Spesifikasi Reboiler (RB-301)	64
Tabel 5.21 Spesifikasi Condenser (CD-301)	65
Tabel 5.22 Spesifikasi Heater (HE-101)	65
Tabel 5.23 Spesifikasi Heater (HE-101)	66
Tabel 5.24 Spesifikasi Cooler (CO-201).....	67
Tabel 5.25 Spesifikasi Heater (CO-303).....	67
Tabel 5.26 Spesifikasi Cooler (CO-304).....	68
Tabel 5.27 Tabel Spesifikasi Pompa Proses -101	68
Tabel 5.28 Tabel Spesifikasi Pompa Proses -102	69
Tabel 5.29 Spesifikasi Pompa Proses -103	69
Tabel 5.30 Spesifikasi Pompa Proses -201	70
Tabel 5.31 Spesifikasi Pompa Proses -302	70

Tabel 5.32 Spesifikasi Pompa Proses –103.....	71
Tabel 5.33 Spesifikasi Pompa Proses –101.....	71
Tabel 5.34 Spesifikasi Pompa Proses -305	72
Tabel 5.35 Spesifikasi Pompa Proses-306	72
Tabel 5.36 Spesifikasi Sedimentation Basin (SB – 401)	73
Tabel 5.37 Dissolving Tank Alum (DT–401).....	73
Tabel 5.38 Spesifikasi Dissolving Tank NaOH (DT–402)	74
Tabel 5.39 Spesifikasi Dissolving Tank Kaporit (DT–403)	75
Tabel 5.40 Spesifikasi Clarifier (CL–401).....	75
Tabel 5.41 Spesifikasi Sand Filter (SF–401)	76
Tabel 5.42 Spesifikasi Storage Tank Filtered Water (ST – 404).....	77
Tabel 5.43 Spesifikasi Storage Tank Domestic Water (ST–409)	78
Tabel 5.44 Spesifikasi Storage Tank Hydrant Water (ST–410)	78
Tabel 5.45 Spesifikasi Hot Basin (HB – 401).....	79
Tabel 5.46 Spesifikasi Cooling Tower (CT–401).....	79
Tabel 5.47 Spesifikasi Cold Basin (CB – 401)	80
Tabel 5.48 Spesifikasi Cation Exchanger (CE–401).....	80
Tabel 5.49 Spesifikasi Anion Exchanger (AE–401)	81
Tabel 5.50 Spesifikasi Storage Tank Asam Sulfat (ST-405).....	81
Tabel 5.51 Spesifikasi Storage Tank Dispersant (ST-406).....	82
Tabel 5.52 Spesifikasi Storage Tank Inhibitor (ST-407).....	82
Tabel 5.53 Spesifikasi Storage Tank Demin Water	83
Tabel 5.54 Spesifikasi Deaerator (DA–401).....	84
Tabel 5.55 Spesifikasi Storage Tank Hidrazin (ST–501)	84
Tabel 5.56 Spesifikasi Boiler (BO-501).....	85
Tabel 5.57 Spesifikasi Boiler (BO-502).....	85
Tabel 5.58 Spesifikasi Storage Tank Bahan Bakar (ST-502)	86
Tabel 5.59 Spesifikasi Blower Steam (BS– 501).....	86
Tabel 5.60 Spesifikasi Blower Steam (BS– 502).....	86
Tabel 5.61 Spesifikasi Storage Tank Air Kondensat (ST-503).....	87
Tabel 5.62 Spesifikasi Cyclone (CYC-601).....	87
Tabel 5.63 Spesifikasi Air Dryer (AD – 601).....	88

Tabel 5.64 Spesifikasi Air Compressor (AC-601).....	88
Tabel 5.65 Spesifikasi Blower Udara 1 (BU – 601)	89
Tabel 5.66 Spesifikasi Blower Udara 2 (BU – 602)	89
Tabel 5.67 Spesifikasi Blower Udara 3 (BU – 603)	89
Tabel 5.68 Spesifikasi Blower Udara 4 (BU – 604)	89
Tabel 5.69 Spesifikasi Generator Listrik (GS-701)	89
Tabel 5.70 Spesifikasi Storage tank Limbah Cair (ST-801).....	90
Tabel 5.71 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 401)	90
Tabel 5.72 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 402)	91
Tabel 5.73 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 403)	91
Tabel 5.74 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 404)	92
Tabel 5.75 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 405)	92
Tabel 5.76 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 406)	93
Tabel 5.77 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 407)	94
Tabel 5.78 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 408)	94
Tabel 5.79 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 409)	95
Tabel 5.80 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 410)	95
Tabel 5.81 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 411)	96
Tabel 5.82 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 412)	96
Tabel 5.83 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 413)	97
Tabel 5.84 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 414)	97
Tabel 5.85 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 415)	98
Tabel 5.86 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 416)	98
Tabel 5.87 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 417)	99
Tabel 5.88 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418).....	100
Tabel 5.89 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-501).....	100
Tabel 5.90 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-502).....	101
Tabel 5. 91 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503).....	101
Tabel 6.1 Kebutuhan Air Umum.....	104
Tabel 6.2 Kebutuhan Air Pendingin.....	105
Tabel 6.3 Persyaratan Kualitas Air Pendingin	105
Tabel 6.4 Kebutuhan Air Pembangkit Steam 300 °C.....	108

Tabel 6.5 Kebutuhan Air Pembangkit Steam 155 °C.....	108
Tabel 6.6 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	118
Tabel 6.7 Pengendalian Variabel Utama Proses	118
Tabel 7.1 Perincian Luas Area Pabrik Metil Salisilat.....	124
Tabel 8.1 Jadwal Kerja Masing-masing Regu.....	141
Tabel 8.2 Perincian Tingkat Pendidikan	142
Tabel 8.3 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	143
Tabel 8.4 Jumlah operator berdasarkan pembagian ruang control	144
Tabel 8.5 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	144
Tabel 8.6 Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	145
Tabel 9.1 Fixed capital investment.....	149
Tabel 9.2 Manufacturing cost	151
Tabel 9. 3 General expenses.....	152
Tabel 9. 4 Biaya Administratif.....	152
Tabel 9. 5 Minimum acceptable persent return on investment	154
Tabel 9. 6 Acceptable payout time untuk tingkat resiko pabrik	155
Tabel 9. 7 Hasil uji kelayakan ekonomi.....	157

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Impor Metil Salisilat di Indonesia	4
Gambar 4.1 Laju Alir Neraca Massa Dissolving Tank (DT-101).....	30
Gambar 4.2 Laju Alir Neraca Massa Reaktor (RE-201).....	31
Gambar 4.3 Laju Alir Neraca Massa Distillation Colomn (DC-301)	32
Gambar 4.4 Laju Alir Neraca Massa Condensor (CD-301).....	33
Gambar 4.5 Laju Alir Neraca Massa Reboiler (RB-301)	35
Gambar 4.6 Laju Alir Neraca Massa Distillation Colomn (DC-302)	36
Gambar 4.7 Laju Alir Neraca Massa Condensor (CD-302).....	37
Gambar 4.8 Laju Alir Neraca Massa Reboiler (RB-302)	38
Gambar 4.9 Laju Alir Neraca Massa Distillation Colomn (DC-301)	39
Gambar 4.10 Laju Alir Neraca Massa Condensor (CD-303).....	41
Gambar 4.11 Laju Alir Neraca Massa Reboiler (RB-303)	42
Gambar 4.12 Laju Alir Neraca Panas Dissolving Tank (DT-101).....	43
Gambar 4.13 Laju Alir Neraca Heater (HE-101).....	44
Gambar 4.14 Laju Alir Neraca Reaktor (RE-201).....	45
Gambar 4.15 Laju Alir Neraca Heater (HE-201).....	47
Gambar 4.16 Laju Alir Neraca Panas Distillation Coloum-301 (DC-301).....	48
Gambar 4.17 Laju Alir Neraca Panas Distillation Coloum-302 (DC-302).....	49
Gambar 4.18 Laju Alir Neraca Panas Distillation Coloum-303 (DC-303).....	50
Gambar 4.19 Laju Alir Neraca Panas Cooler (CO-304)	51
Gambar 4.20 Laju Alir Neraca Panas Cooler (CO-302)	52
Gambar 6.1 Diagram Cooling Water System.....	107
Gambar 7.1 Tata Letak Pabrik	124
Gambar 7.2 Tata Letak Alat Proses	126
Gambar 7.3 Peta Kabupaten Tangerang.....	127
Gambar 7.4 Area pabrik di kabupaten Tangerang (Google Map, 2023)	127
Gambar 8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	132
Gambar 9.1 Grafik Analisa Ekonomi.....	156
Gambar 9.2 Kurva Cummulative Cash Flow (Metode Discounted Cash Flow)..	157

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 galat satu industri strategis pada sebuah negara. Pembangunan industri ditujukan buat memperkokoh struktur ekonomi nasional menggunakan keterikatan 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 industri kimia dalam 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 sintetis, 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, pereda nyeri dan memberikan rasa hangat. Metil salisilat akan menghasilkan produk akhir seperti balsam, cream, salep, lotion dan produk-produk farmasi lainnya.
- d) Sebagai flavouring agent (penambah rasa), metil salisilat digunakan dalam perawatan mulut yaitu untuk pasta gigi dan mouth wash, permen serta minuman (Lapczynki, 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 di dapat dari PT Graha Jaya Pratama Kinerja, Cengkareng, Jakarta Barat dan PT. Jegati Gempita Trijaya, Jakarta Timur.
2. Methanol
Methanol atau metil alkohol adalah bentuk alkohol paling sederhana yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas. Metanol di dapat dari PT. Pupuk Kujang, Cikampek, Jawa Barat.

3. Asam Sulfat
4. 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 ($C_8H_8O_3$)

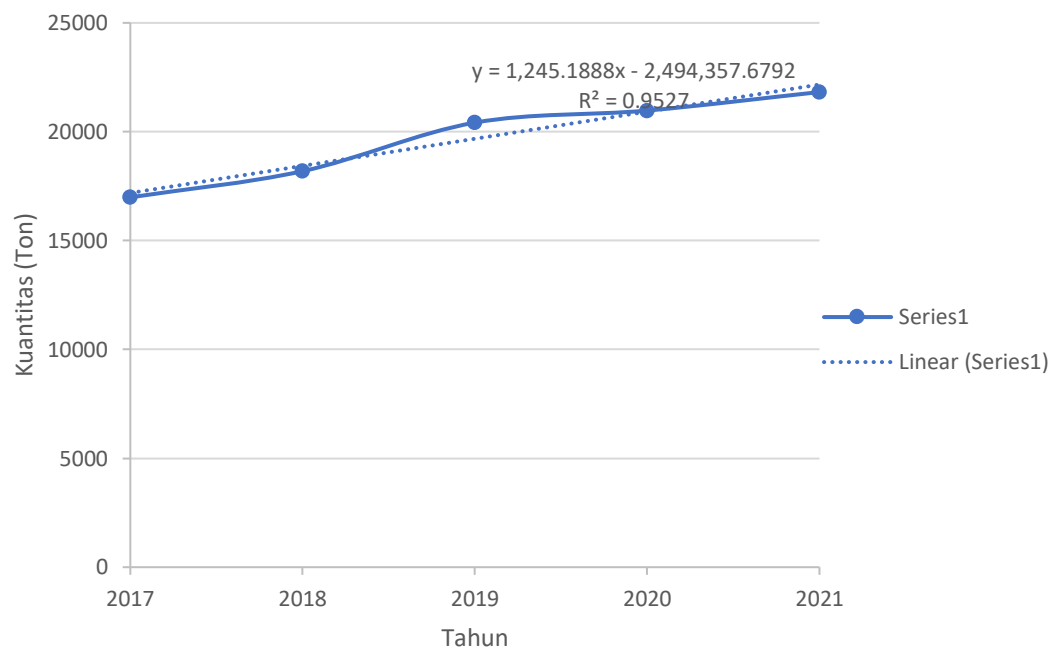
Impor metil salisilat dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

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 ($C_8H_8O_3$)

Berdasarkan data ekspor dari Undata pada tahun 2017 hingga tahun 2021, belum ada ekspor metil salisilat yang dilakukan selama lima tahun terakhir. 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. 4 Konsumen Metil Salisilat di Indonesia

No	Pabrik	Lokasi	Nama Produk	Komposisi
1	PT. Eagle Indo Pharma (Cap Lang)	Tangerang	Balsem Lang (tersedia dalam ukuran 10, 20 dan 40 gram) Balsem otot geliga (tersedia dalam ukuran 10, 20 dan 40 gram) Balsem aktif cap lang (tersedia dalam ukuran 20 dan 40 gram) Minyak angin lang (tersedia dalam ukuran 3, 6, 12, 24, dan 36 ml)	80 mg 30% 80 mg

		Minyak angin menthol oil (MAMO) (tersedia dalam ukuran 3, 5, 10, dan 56 ml)	200 mg
		Minyak otot geliga (tersedia ukuran 30 dan 60 ml)	
			370 mg
		Minyak urut GPU (Gosok-Pijat-Urut) (tersedia ukuran 30 dan 60 ml)	
		GPU krim jahe (tersedia ukuran 60, 150, dan 250 gram)	14,80%
		GPU krim sereh (tersedia ukuran 60, 150, dan 250 gram)	
			353 mg
		GPU krim pala (tersedia ukuran 60, 150, dan 250 gram)	
		Geliga krim (tersedia ukuran 30 dan 60 gram)	5,00%
			5,00%

				5,00%
				160 mg
2.	PT. Hisamitsu Pharma Indonesia	Sidoarjo	<p>Salonpas koyo (tersedia ukuran 5 x 2 lembar 6,5 cm x 4,2 cm dan 2 x 2 lembar 13,0 cm x 8,4 cm)</p> <p>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)</p> <p>Salonpas Pain Relief Patch (tersedia ukuran 3 lembar 7 cm x 10 cm dan 5 lembar 7 cm x 10 cm)</p> <p>Salonpas Gel (tersedia ukuran 30 gram)</p> <p>Salonpas cream (tersedia ukuran 30 g)</p> <p>Salonpas cream HOT (tersedia ukuran 30 g)</p>	<p>7,18 g /100 g plaster mass</p> <p>2,76 g /100 g plaster mass</p> <p>10%</p>

			Salonpas liniment (tersedia ukuran 30 ml dan 50 ml)	0,15 g
			Salonpas Jet Spray (tersedia ukuran 60 ml dan 118 ml)	150 mg
				150 mg
				1,5840 g (30 ml) dan 2,640 g (50 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)	
			Afitson Clove Balm (tersedia ukuran 20 gr)	24,33%
			Afitson Balsem Kuning (tersedia ukuran 20 gr)	31,96%
			Afitson Extra (tersedia ukuran 20 gr)	
			Afitson White Cream (tersedia ukuran 20 gr)	195 mg
			Minyak Urut Pagoda (tersedia ukuran 30 ml)	184,1 mg

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

1. <http://www.caplant.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

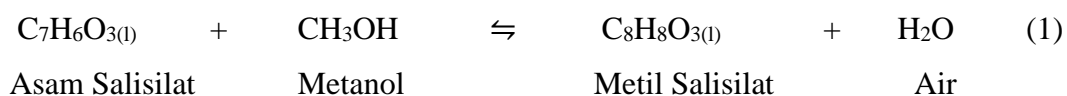
Metil salisilat sering mempunyai rumus molekul $C_8H_8O_2$. Metil salisilat merupakan cairan tidak berwarna, non volatile, sukar larut dalam air, larut dalam alcohol dan eter. Metil merupakan salah satu turunan dari asam karboksilat, secara sintesis dapat dibuat dalam beberapa cara, yaitu asam karboksilat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

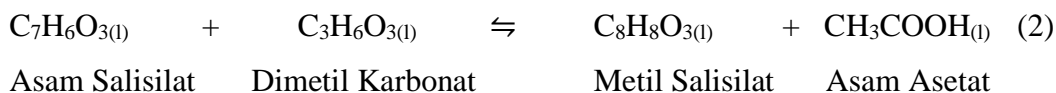
Tabel 2. 1 Konstanta Laju Reaksi Esterifikasi Asam Salisilat dengan Methanol

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

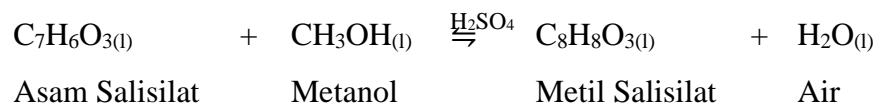
Berdasarkan ketiga proses tersebut, maka untuk pemilihan proses pembuatan metil salisilat perlu ditinjau dari sisi ekonomi, sisi termodinamika dan sisi kinetiknya.

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:

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

	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3(\text{l})$	+ $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	\rightleftharpoons	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3(\text{l})$	+ $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}\text{Massa } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 \text{ mula-mula} &= 169.971,756 \text{ kmol/tahun} \times 138 \text{ kg/kmol} \\ &= 23.456.102,328 \text{ kg/tahun} \\ &= 23.456,102 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 &= 23.456,102 \text{ ton/tahun} \times \$1.000 \\ &= \$23.456.102\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Mol } \text{CH}_3\text{OH} \text{ mula-mula} &= 8 \times 169.971,756 \\ &= 1.359.774,048 \text{ kmol/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CH}_3\text{OH mula-mula} &= 1.359.774,048 \text{ kmol/tahun} \times 32 \text{ kg/kmol} \\
 &= 43.512.769,536 \text{ kg/tahun} \\
 &= 43.512,770 \text{ ton/tahun} \\
 \text{Harga CH}_3\text{OH} &= 43.512,770 \text{ ton/tahun} \times \$450 \\
 &= \$19.580.746,95
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa C}_8\text{H}_8\text{O}_3 &= 160.014,446 \text{ kmol/tahun} \times 152 \text{ kg/kmol} \\
 &= 24.322.195,792 \text{ kg/tahun} \\
 &= 24.322,196 \text{ Ton/tahun} \\
 \text{Harga C}_8\text{H}_8\text{O}_3 &= 24.322,196 \text{ Ton/tahun} \times \$4.200 \\
 &= \$102.153.223,2
 \end{aligned}$$

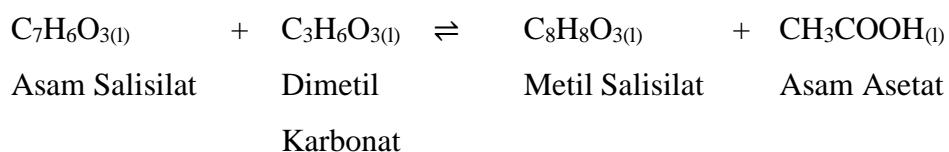
$$\begin{aligned}
 \text{Harga reaktan} &= \$23.456.102 + \$19.580.746,95 \\
 &= \$43.036.848,95
 \end{aligned}$$

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

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

2. Reaksi Menggunakan Bahan Baku Asam Salisilat dan Dimetil Karbonat

$$\begin{aligned}
 \text{BM: C}_7\text{H}_6\text{O} &= 138 \text{ kg/kmol} \\
 \text{C}_3\text{H}_6\text{O} &= 90 \text{ kg/kmol} \\
 \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3 &= 152 \text{ kg/kmol} \\
 \text{CH}_3\text{COOH} &= 44 \text{ kg/kmol}
 \end{aligned}$$



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:

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

	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3(l)$	+ $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3(l)$	\rightleftharpoons	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3(l)$	+ $\text{CH}_3\text{COOH}(l)$
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 spontan sehingga membutuhkan energy tambahan agar reaksi dapat berlangsung spontan (Vernandes, 2017).

Berikut data energi bebas gibbs pembantuan (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 ₃ H ₆ O ₃	-337,22	465,9
C ₈ H ₈ O ₃	-339	-464,3
H ₂ O	-228,6	-241,8
CH ₃ COOH	-434,84	-376,69

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



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

$$\Delta H^\circ = \sum (n \cdot \Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n \cdot \Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= (\Delta H_f^\circ \text{ C}_8\text{H}_8\text{O}_3 + \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^\circ \text{ C}_7\text{H}_6\text{O}_3 + \Delta H_f^\circ \text{ CH}_3\text{OH}) \\ &= (-464,3 + (-241,8)) - (-466,35 + (-201,17)) \\ &= - 38,58 \text{ kJ/mol (eksoterm)} = - 38.580 \text{ J/mol (eksoterm)} \end{aligned}$$

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 :

$$\Delta H_{R_x}^{331} = \Delta H^0 + \left(\int_{298}^{331} C_{pi}dT \right) \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$= (-38,580) + (-1,36 \times 10^6)$$

$$= \mathbf{-1.402.134,088 \text{ J/mol} = 1.402,134 \text{ kJ/mol (Eksoterm)}}$$

- Menghitung ΔG

$$G^\circ = \sum(n \cdot \Delta G^\circ_f)_{produk} - \sum(n \cdot \Delta G^\circ_f)_{reaktan} \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$\Delta G^\circ = ((n \cdot \Delta G^\circ_f \text{ C}_8\text{H}_8\text{O}_3) + (n \cdot \Delta G^\circ_f \text{ H}_2\text{O})) - ((n \cdot \Delta G^\circ_f \text{ C}_7\text{H}_6\text{O}_3) + (n \cdot \Delta G^\circ_f \text{ CH}_3\text{OH}))$$

$$\Delta G^\circ = ((339) + ((-228,6)) - ((-365,21) + (-162,51)))$$

$$\Delta G^\circ = -39,88 \text{ kJ/mol}$$

$$= -39880 \text{ J/mol}$$

Pada Smith (2001) diperoleh persamaan konstanta, pada keadaan standar dapat diperoleh:

$$K_1 = e^{-\Delta G^\circ/RT}$$

$$= 9,71 \times 10^6$$

Maka konstanta pada keadaan reaksi dapat diperoleh:

$$\ln \frac{K_1}{K_2} = \frac{\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (\text{Bird, 1987})$$

$$\ln \frac{9,71 \cdot 10^6}{K_2} = \frac{-1402134,09 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol K}} \left(\frac{1}{331,15 \text{ K}} - \frac{1}{289,15 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{9,71 \cdot 10^6}{K_2} = 56,3682$$

$$\frac{9,71 \cdot 10^6}{K_2} = e^{56,3682}$$

$$K_2 = 3,21 \times 10^{18}$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K_2$$

$$\Delta G = -39880 \text{ J/mol} + ((8,314 \text{ J/mol K})(331,15\text{K}) \ln (3,21 \times 10^{18}))$$

$$\Delta G = -150.777,7458 \text{ J/mol}$$

$$= -150,777 \text{ kJ/mol}$$

Pembuatan Metil Salisilat dari Metanol dan Asam Salisilat menghasilkan ΔG sebesar -150,777 kJ/mol. Nilai ΔG yang bernilai negatif ini menunjukkan bahwa reaksi berlangsung spontan.

2. Reaksi Menggunakan Bahan Baku Asam Salisilat dan Dimetil Karbonat



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{RX}}^{\circ} &= (\Delta H_f^{\circ} \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3 + \Delta H_f^{\circ} \text{CH}_3\text{COOH}) - (\Delta H_f^{\circ} \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 + \Delta H_f^{\circ} \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) \\ &= (-464,3 + (-376,69)) - (-466,35 + (-465,9)) \\ &= \mathbf{-840,54 \text{ kJ/mol} = -840.540 \text{ J/mol (eksoterm)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G_{\text{R}}^{\circ} &= (\Delta G_f^{\circ} \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3 + \Delta H_f^{\circ} \text{CH}_3\text{COOH}) - (\Delta G_f^{\circ} \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 + \Delta G_f^{\circ} \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) \\ &= (-339 + (-434,84)) - (-365,21 + (-337,22)) \\ &= \mathbf{-71,410 \text{ kJ/mol} = -714100 \text{ J/mol (non spontan)}} \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai ΔG° yang telah didapatkan sebesar -11,562 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
$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$	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

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

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

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

$$\begin{aligned} \Delta H_{R_x}^{331} &= \Delta H_R + \left(\int_{298}^{331} C_{pi} dT \right) && \text{(Smith, 2001)} \\ &= 840.540 + (-4 \times 10^7) \\ &= \mathbf{-40.837.034,497 \text{ J/mol} = 40.837,034 \text{ kJ/mol (eksoterm)}} \end{aligned}$$

- Menghitung ΔG

$$\bullet \quad G^\circ = \sum (n. \Delta G_f^\circ)_{produk} - \sum (n. \Delta G_f^\circ)_{reaktan} \quad \text{(Smith, 2001)}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= ((n. \Delta G_f^\circ C_8H_8O_3) + (n. \Delta G_f^\circ CH_3COOH)) - ((n. \Delta G_f^\circ C_7H_6O_3) + \\ &\quad (n. \Delta G_f^\circ C_3H_6O_3)) \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = ((339) + ((-376,69)) - ((-365,21) + (-337,22))$$

$$\Delta G^\circ = -13,26 \text{ kJ/mol}$$

$$= -13260 \text{ J/mol}$$

Pada Smith (2001) diperoleh persamaan konstanta, pada keadaan standar dapat diperoleh:

$$\begin{aligned} K_1 &= e^{-\Delta G^\circ/RT} \\ &= 2,105 \times 10^2 \end{aligned}$$

Maka konstanta pada keadaan reaksi dapat diperoleh:

$$\begin{aligned} \ln \frac{K_1}{K_2} &= \frac{\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) && \text{(Bird, 1987)} \\ \ln \frac{2,105 \cdot 10^2}{K_2} &= \frac{-40.837,03 \text{ J/mol}}{8.314 \text{ J/mol K}} \left(\frac{1}{423,15 \text{ K}} - \frac{1}{289,15 \text{ K}} \right) \\ \ln \frac{2,105 \cdot 10^2}{K_2} &= 4,866 \end{aligned}$$

$$\frac{2,105.10^2}{K_2} = e^{4,866}$$

$$K_2 = 1,6205$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K_2$$

$$\Delta G = -13,26 \text{ J/mol} + ((8.314 \text{ J/mol K})(423,15\text{K}) \ln (1,6205))$$

$$\Delta G = -11.561,728 \text{ J/mol}$$

$$= -11,562 \text{ kJ/mol}$$

Pembuatan Metil Salisilat dari Asam Salisilat dan Dimetil Karbonat menghasilkan ΔG sebesar -11,562 kJ/mol. Nilai ΔG yang bernilai negatif ini menunjukkan bahwa reaksi berlangsung 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	Harga Bahan Baku	C ₇ H ₆ O ₃ = \$1.000 CH ₃ OH = \$450	C ₇ H ₆ O ₃ = \$1.000 C ₃ H ₆ O ₃ = \$1.500
3	Katalis	Asam Sulfat	Zirkonium Tersulfatasi
4	Harga Katalis	H ₂ SO ₄ = \$75	ZrSiO ₄ = \$454
5	Keuntungan	\$59.116.774,25	\$31.485.572,362
6	Konversi (%)	94,25	86
7	Kondisi Operasi (°C)	58	150
8	ΔG_{298} (kJ/mol)	-38,580	-840,540
9	ΔH_{298} (kJ/mol)	-1.402,134	-40.837,034
10	ΔG_{reaksi} (kJ/mol)	-39,880	-13,260
11	ΔH_{reaksi} (kJ/mol)	-150,778	-11.561,728

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 sallisilat 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 dissolving tank (DT-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 tangki tertutup)
Temperatur Kritis	=	465,85°C
Tekanan Kritis	=	51,12 atm
Kadar	=	99%
Kelarutan	=	Larut dalam air (2 gr/L) Larut dalam Metanol (366,18 gr/L)

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	=	Larut dalam air (2gr/L)

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/cm ³ (20°C)
Temperatur Kritis	=	427,85°C
Tekanan Kritis	=	40,37°C
Kadar	=	99,5%
Kelarutan (gr/100 gr)	=	Larut dalam air (7,4 gr/100 L)
Kemurnian	=	99,982 %

4.2.2 Air (H_2O)

Bentuk	=	Cairan tidak berwarna dan tidak berbau
BM	=	18 kg/kmol
Titik Didih	=	100°C
Densitas (25°C)	=	1 g/cm ³
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. 2022. www.alibaba.com. Diakses 13 November 2022 pukul: 13.15.
- Anonimous G, 2022. 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.