

**PRARANCANGAN PABRIK ALKYD RESIN
DARI MINYAK KELAPA SAWIT ($C_{47}H_{88}O_6$) DAN GLISEROL ($C_3H_8O_3$)
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor Esterifikasi (RE-202))**

(Skripsi)

Oleh:

Nabila Rizqi 'Afifah

1955041006



JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

ABSTRACT

MANUFACTURING OF ALKYD RESIN ($2C_{24}H_{34}O_6$) FACTORY FROM CRUDE PALM OIL ($C_{47}H_{88}O_6$) AND GLYCEROL ($C_3H_8O_3$) WITH CAPACITY 30.000 TON/YEAR (Design of Esterification Reactor (RE-202))

By:

Nabila Rizqi 'Afifah

Alkyd Resin plant with raw materials crude palm oil and glycerol is planned to be built in Gresik, East Java. 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.

The factory's production capacity is planned 30.000 tons/year with 330 working days in 1 year. The raw materials used consist of 3.283,014 kg/hour of triglyceride and 348,484 kg/hour of glycerol. The business entity form is Limited Liability Company (Ltd) using line and staff organizational structure with 220 labors.

An economic analysis of preliminary plant design of Alkyd Resin are:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp. 252.790.440.635,966,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp. 27.806.948.469,956,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp. 280.597.389.105,922,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 38,60%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 22,86%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT)	= 2,92 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI)	= 11,87%
<i>Discounted Cash Flow</i>	(DCF)	= 69,90%

Based on the above considerations, it is proper to study the establishment of Alkyd Resin plant further, because the plant is profitable and has good prospects.

Keywords: Alkyd Resin, Crude Palm Oil, Glycerol, Economics.

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK ALKYD RESIN ($2C_{24}H_{34}O_6$) DARI MINYAK KELAPA SAWIT ($C_{47}H_{88}O_6$) DAN GLISEROL ($C_3H_8O_3$) KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor Esterifikasi (RE-202))

Oleh:

Nabila Rizqi 'Afifah

Pabrik Alkyd Resin berbahan baku minyak kelapa sawit (CPO) dan gliserol ini akan didirikan di Gresik, Jawa Timur. Pendirian pabrik berdasarkan pada pertimbangan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan sebesar 30.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Bahan baku yang digunakan adalah trigliserida sebanyak 3.283,014 kg/jam dan Gliserol sebanyak 348,484 kg/jam. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 220 orang.

Analisa kelayakan Perancangan Pabrik Alkyd Resin adalah sebagai berikut:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp. 252.790.440.635,966,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp. 27.806.948.469,956,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp. 280.597.389.105,922,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 38,60%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 22,86%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT)	= 2,92 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI)	= 11,87%
<i>Discounted Cash Flow</i>	(DCF)	= 69,90%

Berdasarkan pertimbangan diatas, sudah selayaknya pendirian pabrik Alkyd Resin ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

Kata kunci: Alkyd Resin, Minyak Kelapa Sawit (CPO), Gliserol, Ekonomi.

**PRARANCANGAN PABRIK ALKYD RESIN
DARI MINYAK KELAPA SAWIT ($C_{47}H_{88}O_6$) DAN GLISEROL ($C_3H_8O_3$)
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor Esterifikasi (RE-202))**

Oleh:

Nabila Rizqi 'Afifah

1955041006

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik kimia

Fakultas Teknik Universitas Lampung



JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK ALKYD RESIN
DARI MINYAK KELAPA SAWIT ($C_{47}H_{88}O_6$) DAN
GLISEROL ($C_3H_8O_3$) KAPASITAS 30.000
TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor Esterifikasi (RE-202))**

Nama Mahasiswa : **Nabila Rizqi 'Afifah**

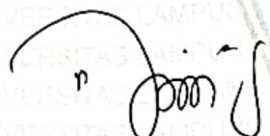
No. Pokok Mahasiswa : 1955041006

Program Studi : Teknik Kimia

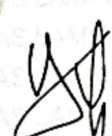
Fakultas : Teknik



MENYETUJUI,
1. Komisi Pembimbing




Dr. Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T.
NIP. 197208252000032001



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

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

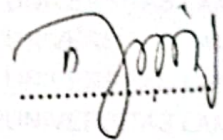


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

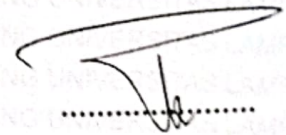
Ketua : Dr. Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T.



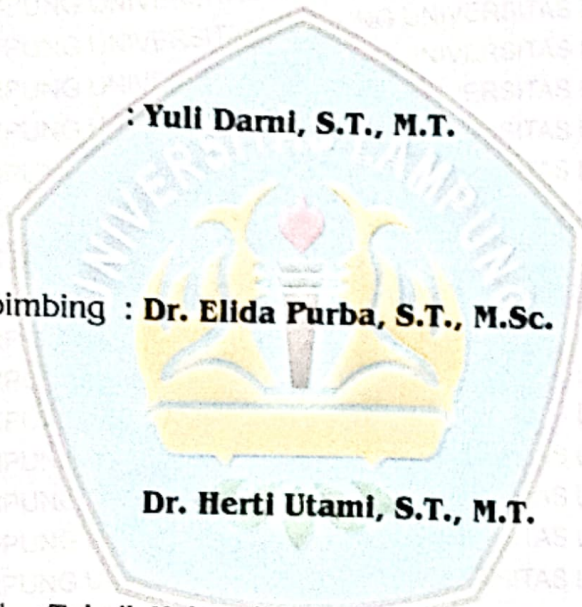
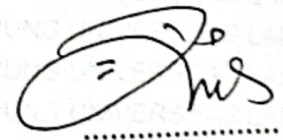
Sekretaris : Yuli Darni, S.T., M.T.



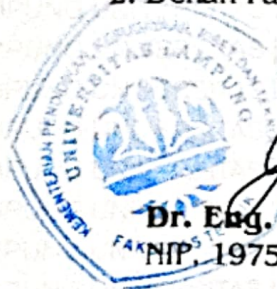
**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Eilda Purba, S.T., M.Sc.**



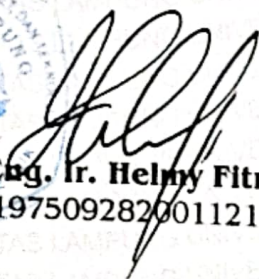
Dr. Herti Utami, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S. T., M. Sc. }
NIP. 197509282001121002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 November 2023

SURAT 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 atas 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 saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku

Bandar Lampung, 5 Januari 2024



Nabila Rizqi 'Afifah

NPM. 1955041006

RIWAYAT HIDUP



Nabila Rizqi 'Afifah, penulis dilahirkan di Seputih Mataram, Lampung pada tanggal 14 September 2001, sebagai anak kedua dari dua bersaudara pasangan bapak Dalrum dan ibu Indartiningsih. Penulis menyelesaikan pendidikan pertamanya di Taman Kanak - kanak Gula Putih Mataram, pada tahun 2007,

Sekolah Dasar di SDS 01 Gula Putih Mataram diselesaikan pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama di SMP Gula Putih Mataram dan diselesaikan pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas di SMAS Sugar Group pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN). Pada tahun 2022, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Pemukasakti Manisindah, Waykanan dengan Tugas Khusus "Analisis Sistem Kontrol pH Nira Dengan Penambahan Susu Kapur". Di tahun yang sama penulis juga melakukan penelitian dengan judul "Penggunaan *Molecullar Celluler Foam* (MCF) Asal *Tetraethyl Orthosilicate* (TEOS) Sebagai Adsorben Untuk Penurunan Kadar Rhodamin B Secara *Batch*" di Laboratorium Mikrobiologi, Teknik Kimia, Universitas Lampung.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan antara lain sebagai Staff Departemen Edukasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Fakultas Teknik Universitas Lampung periode 2020 dan 2021.

Motto dan Persembahan

"Man Jadda waJada. Artinya, Barang siapa bersungguh-sungguh, maka ia akan berhasil"
(QS. Al-Baqarah: 286)

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan"
(QS. Al-Insyirah: 5-6)

"And He found you lost, and He guided you"
(QS. Ad Dhuha: 7)

Sebuah Karyaku....

*Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini
kepada:*

Allah SWT,

*Karena kehendak-Nya, semua ini dapat ku peroleh. Atas
berkah dan karunia-Nya, aku bisa menyelesaikan karya
kecil ini. Atas karunia dan anugerah-Nya, aku bisa
bertahan selama ini.*

Ayah, Ibu, Kakakku Tersayang,

*Terima kasih atas segalanya, doa, kasih sayang,
pengorbanan dan keikhlasannya. Ini hanyalah setitik
balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan pengorbanan
dan kasih sayang kalian selama ini. Terimakasih atas
segalanya.*

Diri Sendiri,

*Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit
apapun proses penyusunan skripsi ini dan telah
menyelesaikannya sebaik dan semaksimal mungkin.*

Sahabat-sahabatku,

Terima kasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya selama ini.

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,
Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa ilmu keteknikkimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat berguna dan bermanfaat.*

Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta, semoga kelak berguna dikemudian hari

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir yang berjudul "**Prarancangan Pabrik Alkyd Resin dari Minyak Kelapa Sawit ($C_{47}H_{88}O_6$) dan Gliserol ($C_3H_8O_3$) Kapasitas 30.000 Ton/Tahun**" dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar kesarjana (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. Allah SWT karena atas berkat, rahmat, hidayah, serta ketentuan-Nya lah tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari betul bahwa manusia hanya bisa merencanakan dan hasil akhirnya tetap Allah SWT yang menentukan.
2. Kedua orang tuaku, kakakku, keluargaku tercinta terima kasih atas segala sesuatu yang telah diberikan. Terima kasih atas doa yang selalu dipanjatkan. Semoga setelah perjalanan panjang ini penulis bisa memberikan sedikit balasan dengan memberikan kebahagiaan dan kesuksesan serta keluarga kita senantiasa selalu Allah SWT jaga dalam lindungan-NYA.
3. Ibu Yuli Darni, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung. Serta selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya yang sangat berguna dalam penyelesaian tugas akhir ini, semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
4. Ibu Dr. Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak ilmu serta pengalamannya dalam dunia industri

sehingga mengajarkan untuk memiliki pola pikir yang lebih logis bukan hanya berdasarkan teori dan rumus saja, semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.

6. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.sc. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini serta memberikan motivasi selama masa perkuliahan.
7. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini serta memberikan motivasi selama masa perkuliahan.
8. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
9. Seluruh Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, yaitu Mba Ning yang selalu membantu urusan per-administrasian, Mba Yunani yang senantiasa selalu menghibur dan membantu dalam banyak hal, dan Mas Adi yang selalu membantu menyiapkan perlengkapan ruang seminar.
10. Assya Nauri Des H., teman seperjuangan dalam pengerjaan tugas akhir yang sangat spesial ini, makasih banyak atas kesabarannya dalam menghadapi penulis selama ini, setelah melewati fase bingung, fase perdebatan, fase damai dan pasrah, hingga fase bahagia seperti ini. InshaAllah kita memang pantas untuk akhirnya dapat gelar S.T ini. Semoga apapun yang sedang direncanakan kedepannya selalu dipermudah dan dalam lindungan Allah SWT. See you in the next chapter!
11. Labbers. Guys makasih banyak sudah selalu membantu disegala hal. Terimakasih kalian sudah memberikan warna dan kehangatan selama meraih gelar S.T ini. Kalian semua keren banget, Gas semangat demi gelar S.T!
12. Teman - teman tekkim 2019 yang tidak bisa disebutkan satu persatu namun memberikan cukup andil yang berarti untuk selesainya masa kuliah penulis, support yang selalu diberikan, tempat bertanya, dan tempat bercanda, terima kasih banyak
13. Sahabat-sahabatku diluar tekim, teman-temanku, yang selalu mendengarkan keluh kesah selama di tekkim namun sudah banyak membantu selama proses penyelesaian perkuliahan penulis.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 5 Januari 2024

Penulis,



Nabila Rizqi 'Afifah

DAFTAR ISI

PRARANCANGAN PABRIK ALKYD RESIN	1
ABSTRACT	ii
LEMBAR PENGESAHAN	v
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
SANWACANA	xiii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Kegunaan Produk	3
1.3. Penentuan Kapasitas Produksi	4
1.3.1. Impor Alkyd Resin.....	4
1.3.2. Ekspor Alkyd Resin	5
1.3.3. Produksi Alkyd Resin di Indonesia.....	7
1.3.4. Kebutuhan Alkyd Resin di Indonesia	9
1.4. Prospek Pasar	12
1.5. Lokasi Pabrik	13
1.5.1. Faktor Primer	14
1.6. Dasar Rancangan Proses	17
BAB II PEMILIHAN BAHAN DAN URAIAN PROSES	18
2.1. Metode Alkoholisis atau Monogliserida.....	18
2.2. Katalis	19
2.3. Proses Pendukung	20
2.4. Berdasarkan Tinjauan Ekonomi	20
2.4.1. Proses menggunakan Polioli Gliserol	21
2.4.2. Proses Menggunakan Polioli Pentaerythritol	25
2.5. Berdasarkan Tinjauan Termodinamika	28
2.5.1. Perhitungan Panas Reaksi	28

2.6. Uraian Proses Pembuatan Alkyd Resin	56
2.6.1. Tahap Alkoholisis	56
2.6.2. Tahap Esterifikasi.....	57
2.7. Tinjauan Kinetika Reaksi	58
BAB III SPESIFIKASI DAN BAHAN BAKU PRODUK	61
3.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Penunjang	61
3.1.1. CPO (Trigliserida).....	61
3.1.2. Gliserol.....	61
3.1.3. Phthalic Anhydride.....	62
3.1.4. Toluena.....	62
3.1.5. Lead Oxide	62
3.1.6. Molecular Sieve Zeolite 3A	63
3.1.7. Natrium Hidroksida.....	63
3.1.8. Asam Fosfat	64
3.2. Spesifikasi Produk.....	64
3.2.1. Alkyd Resin.....	64
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	66
4.1. Neraca Massa.....	66
4.1.1. Pre-Treatment CPO	68
4.2. Neraca Energi.....	76
4.2.1. Pre – Treatment Bahan Baku	77
4.2.2. Proses Pengolahan Alkyd Resin	82
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN.....	89
5.1. Peralatan Proses	89
5.2. Peralatan Utilitas.....	149
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....	187
6.1. Unit Pendukung Proses	187
Reaksi yang terjadi :	202
Proses koagulasi , flokulasi, dan penjernihan :	202
6.2. Unit Pengolahan Limbah.....	209
6.3. Laboratorium	210
6.4. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	214

BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	217
7.1. Lokasi Pabrik	217
7.2. Tata Letak Pabrik	220
7.3. Estimasi Area Pabrik	223
BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN	227
8.1. Bentuk Perusahaan	227
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan	230
8.3. Tugas Dan Wewenang	233
8.4. Status Karyawan Dan Sistem Penggajian	244
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan	246
8.6. Penggolongan Karyawan dan Jumlah Karyawan	249
8.7. Kesejahteraan Karyawan	256
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....	260
9.1. Investasi.....	260
9.2. Evaluasi Ekonomi	265
9.2.1. Return On Investment (ROI).....	265
9.2.2. Pay Out Time (POT)	266
9.2.3. Break Even Point (BEP).....	268
9.2.4. Shut Down Point (SDP)	268
9.2.5. Discounted Cash Flow (DCF).....	269
BAB X SIMPULAN DAN SARAN	271
10.1. Simpulan.....	271
10.2. Saran.....	272
DAFTAR PUSTAKA	273

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perkembangan Impor Alkyd Resin Tahun 2017 – 2022.....	4
Tabel 1.2 Perkembangan Ekspor Alkyd Resin Tahun 2017 – 2022	6
Tabel 1.3 Produksi Alkyd Resin di Indonesia pada tahun 2022	7
Tabel 1.4 Produksi Alkyd Resin di Indonesia pada tahun 2017-2022.....	8
Tabel 1.5 Pabrik Cat di Indonesia Pada Tahun 2022.....	9
Tabel 1.6 Produksi Cat di Indonesia Tahun 2017-2022.....	10
1.5.2. Faktor Sekunder	16
Tabel 2.1 Kondisi Proses Pembuatan Alkyd Resin Metode Alkoholisis.....	20
Tabel 2.3. Data harga bahan baku dan produk.....	23
Tabel 2.4. Harga bahan baku untuk membuat 1 kg Alkyd Resin menggunakan Poliol Gliserol	24
Tabel 2.5 Harga Bahan Baku untuk Membuat 1 Kg Alkyd Resin Menggunakan Poliol Pentaerythritol	27
Tabel 2.6 Kontribusi Gugus Fungsi untuk Energi Trigliserida.....	30
Tabel 2.7 Kontribusi Gugus Fungsi untuk Cp Trigliserida.....	31
Tabel 2.8 Kontribusi Gugus Fungsi untuk Energi Phtalic Anhydride	32
Tabel 2.9 Konstanta untuk Cp Phtalic Anhydride	33
Tabel 2.10 Nilai ΔH^0_f dan ΔG^0 pada Air.....	34
Tabel 2.11 Konstanta untuk Cp Air	34
Tabel 2.12 Kontribusi Gugus Fungsi untuk Energi Gliserol	35
Tabel 2.13 Konstanta untuk Cp Gliserol.....	36
Tabel 2.14. Kontribusi gugus fungsi untuk energi digliserida.....	36
Tabel 2.15. Kontribusi gugus fungsi untuk Cp Digliserida	37
Tabel 2.16. Kontribusi gugus fungsi untuk energi monogliserida.....	38
Tabel 2.16. Kontribusi gugus fungsi untuk Cp monogliserida	39
Tabel 2.18. Kontribusi gugus fungsi untuk energi Alkyd Resin (2 molekul yang sama)	41
Tabel 2.19. Kontribusi gugus fungsi untuk Cp Alkyd Resin	42
Tabel 2.20. Kontribusi gugus fungsi untuk energi Alkyd Resin (1 molekul yang berbeda).....	43
Tabel 2.22. Kontribusi gugus fungsi untuk energy pantaerytritol	45
Tabel 2.23. Konstanta untuk Cp Pantaerythritol	46
Tabel 2.24. Kontribusi gugus fungsi untuk energy Digliserida	46

Tabel 2.25. Kontribusi gugus fungsi untuk C_p Digliserida	47
Tabel 2.26. Kontribusi gugus fungsi untuk energ Monogliserida.....	48
Tabel 2.27 Kontribusi gugus fungsi untuk C_p Monogliserida.....	49
Tabel 2.28. Kontribusi gugus fungsi untuk energi Alkyd Resin.....	50
(2 molekul yang sama)	50
Tabel 2.29. Kontribusi Gugus Fungsi untuk C_p Alkyd Resin	52
(2 molekul yang sama)	52
Tabel 2.30. Kontribusi gugus fungsi untuk energi Alkyd	53
Resin (1 molekul yang berbeda)	53
Tabel 2.31. Kontribusi gugus fungsi untuk C_p Alkyd Resin	54
(1 molekul yang berbeda).....	54
Tabel 2.32 Perbandingan Kondisi Operasi Dengan Menggunakan Poliol Gliserol dan Pentaerythritol	55
Tabel 4.1. Data BM Komponen	66
Tabel 4.2 Neraca Massa Degumming Tank	68
Tabel 4.3 Neraca Massa Centrifuge I.....	69
Tabel 4.4 Neraca Massa Netralizer Tank	70
Tabel 4.5 Neraca Massa Decanter I	71
Tabel 4.6 Data Hasil Perhitungan Neraca Massa RE-201	71
Tabel 4.7 Data Hasil Perhitungan Neraca Massa RE-201 <i>recycle</i>	72
Tabel 4.8. Neraca Massa di Reaktor (RE-201) <i>Steady State</i>	72
Tabel 4.9. Neraca Massa Decanter (DC-201)	72
Tabel 4.10. Neraca Massa hasil perhitungan di Reaktor Esterifikasi (RE-202) <i>start-up</i>	73
Tabel 4.11. Neraca Massa hasil perhitungan di Reaktor Esterifikasi (RE-202) <i>steady state</i>	74
Tabel 4.13. Neraca Massa Kolom Adsorber (KA-201)	74
Tabel 4.14. Neraca Massa Kolom Ekstraktor (KE – 201)	75
Tabel 4.15. Neraca Massa Rotary Dryer (RD – 201).....	75
Tabel 4.16 Neraca Energi Degumming Tank	77
Tabel 4.17 Neraca Energi Centrifuge I	78
Tabel 4.18 Neraca Energi Netralizer Tank	79
Tabel 4.19 Neraca Energi Centrifuge II.....	80
Tabel 4.20. Neraca Energi di Heater (HE-201).....	81

Tabel 4.21. Neraca Energi di Heater (HE-202).....	81
Tabel 4.22. Neraca Energi di Reaktor Alkoholisis (RE-201)	82
Tabel 4.23. Neraca Energi di Cooler 1 (CO-201)	83
Tabel 4.24. Neraca Energi di Heater (HE-203).....	83
Tabel 4.25. Neraca Energi di Heater (HE-301).....	83
Tabel 4.26. Neraca Energi di Melter (ME-201).....	84
Tabel 4.27. Neraca Energi di Reaktor Esterifikasi (RE-202)	84
Tabel 4.28. Neraca Energi di Cooler (CO-202)	85
Tabel 4.29. Neraca Energi di Heater (HE-302).....	85
Tabel 4.30. Neraca Energi Rotary Dryer (RD-301).....	86
Tabel 4.31. Neraca Energi di Dillution Tank (DT-201).....	86
Tabel 4.32. Neraca Energi di Cooler (CO-203)	87
Tabel 4.33. Neraca Energi di Heater (HE-201).....	87
Tabel 5.1 Spesifikasi Storage Tank CPO (SC-201).....	89
Tabel 5.2 Spesifikasi Storage H ₃ PO ₄ (SP-201).....	90
Tabel 5.3 Spesifikasi Degumming Tank (DG-201)	90
Tabel 5.4 Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF-101)	91
Tabel 5.5 Spesifikasi Storage NaOH (SP-202)	92
Tabel 5.6 Spesifikasi Netralizer Tank (NT-201).....	92
Tabel 5.7 Spesifikasi Dekanter (DE-101)	93
Tabel 5.8 Spesifikasi Storage Trigliserida (ST-101).....	93
Tabel 5.9 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-201).....	94
Tabel 5.10 Spesifikasi Storage Gliserol (ST-102)	95
Tabel 5.11 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-202).....	95
Tabel 5.12 Spesifikasi Bin PbO (SS-201).....	96
Tabel 5.13 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-201).....	97
Tabel 5.14 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-201)	97
Tabel 5.15 Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP-201).....	98
Tabel 5.16 Spesifikasi Reaktor Alkoholisis (RE-201).....	99
Tabel 5.17 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-201)	100
Tabel 5.18 Spesifikasi Dekanter (DE-201)	101
Tabel 5.19 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-201).....	102
Tabel 5.20 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-301).....	102
Tabel 5.21 Spesifikasi Bin Phtalic Anhydride (SS-202).....	103

Tabel 5.22 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-202).....	104
Tabel 5.23 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-202)	104
Tabel 5.24 Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP-202).....	105
Tabel 5.25 Spesifikasi Melter (ME-201)	106
Tabel 5.26. Spesifikasi Reaktor Esterifikasi (RE-202)	107
Tabel 5.27. Spesifikasi Cooler (CO-202).....	108
Tabel 5.28 Spesifikasi Kolom Ekstraksi (KE-201).....	109
Tabel 5.29 Spesifikasi Heater (HE-302)	110
Tabel 5.30. Spesifikasi Bin MSZ 3A (SS-203).....	110
Tabel 5.31. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-203).....	111
Tabel 5.32 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-203)	112
Tabel 5.32. Kolom Adsorber.....	112
Tabel 5.34 spesifikasi Blower 301 (BL-301).....	113
Tabel 5.35. Spesifikasi Heater (HE-303)	114
Tabel 5.36. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-301).....	114
Tabel 5.37. Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	115
Tabel 5.38 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-302).....	116
Tabel 5.39 Spesifikasi Bin MSZ 3A (SS-204).....	117
Tabel 5.40. Spesifikasi Toluena (ST-301)	117
Tabel 5.41. Spesifikasi Delution Tank (DT-101).....	118
Tabel 5.42. Spesifikasi Cooler (CO-203).....	120
Tabel 5.43. Spesifikasi Alkyd Resin (ST-302)	121
Tabel 5.44. Spesifikasi Pompa CPO (P-101).....	122
Tabel 5.45. Spesifikasi Pompa DG tank (P-103)	123
Tabel 5.46. Spesifikasi Pompa DG oil (P-201).....	124
Tabel 5.47. Spesifikasi NT (P-202)	125
Tabel 5.48. Spesifikasi Pompa Trigli 1 (P-203).....	126
Tabel 5.49. Spesifikasi Pompa Trigli 2 (P-301).....	127
Tabel 5.50. Spesifikasi Pompa HE Triglicerida (P-302).....	128
Tabel 5.51. Spesifikasi Pompa Gliserol (P-303).....	129
Tabel 5.52. Spesifikasi Pompa HE Gliserol (P-401).....	130
Tabel 5.53. Spesifikasi Pompa RE 1 (P-402).....	131
Tabel 5.54. Spesifikasi Pompa Cooler 1 (P-102).....	132
Tabel 5.55. Spesifikasi Pompa Triglicerida recycle (PR-201).....	133

Tabel 5.56. Spesifikasi Pompa Trigliserida sisa (PR-202)	134
Tabel 5.57. Spesifikasi Pompa Gliserol Recycle (PR-101)	135
Tabel 5.58. Spesifikasi Pompa HE Gliserol Sisa (PR-102)	135
Tabel 5.59. Spesifikasi Pompa Monogliserida (P-501)	136
Tabel 5.60. Spesifikasi Pompa Resin (P-502).....	137
Tabel 5.61. Spesifikasi Pompa Cooler 2 (P-503).....	138
Tabel 5.62. Spesifikasi Pompa Monogliserida Sisa (P-203).....	139
Tabel 5.63. Spesifikasi Pompa HE PA Sisa (PR-301).....	140
Tabel 5.64. Spesifikasi Pompa PA Sisa (PR-302)	141
Tabel 5.65. Spesifikasi Pompa Resin 2 (P-601).....	142
Tabel 5.66. Spesifikasi Pompa Resin (P-602).....	143
Tabel 5.67. Spesifikasi Pompa PA (P-603).....	144
Tabel 5.68. Spesifikasi Pompa Toluena (P-701).....	145
Tabel 5.69. Spesifikasi Pompa Alkyd Resin (P-702).....	146
Tabel 5.70. Spesifikasi Pompa Produk Alkyd Resin (P-703)	147
Tabel 5.71 Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS – 401).....	149
Tabel 5.72. Spesifikasi Tangki Alum (ST – 401)	150
Tabel 5.73. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST – 402)	150
Tabel 5.74. Spesifikasi Tangki Soda Kaostik (ST – 403).....	151
Tabel 5.75. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL – 401)	152
Tabel 5.76. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF – 401).....	153
Tabel 5.77. Spesifikasi Tangki Air Filter (FWT – 401).....	154
Tabel 5.78. Spesifikasi <i>Domestic Water Tank</i> (DOWT – 401).....	154
Tabel 5.79. Spesifikasi <i>Hydrant Water Tank</i> (HWT – 401)	155
Tabel 5.80. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST – 404).....	156
Tabel 5.81. Spesifikasi Tangki Dispersan (ST – 405)	157
Tabel 5.82. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST – 406)	158
Tabel 5.83. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT – 401)	159
Tabel 5.84. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE – 401)	160
Tabel 5.85. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (CE-401)	161
Tabel 5.86. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB – 401)	162
Tabel 5.87. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB – 401).....	162
Tabel 5.88. Spesifikasi Demin Water Tank (DWT-401)	163
Tabel 5.89. Spesifikasi Tangki Hydrazine (ST-407)	164

Tabel 5.90. Spesifikasi Daerator (DE-401).....	164
Tabel 5.91. Spesifikasi Boiler (BO – 401).....	165
Tabel 5.92. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-408)	166
Tabel 5.93. Spesifikasi Blower Steam (BS-401)	167
Tabel 5.94. Spesifikasi Air Compressor (AC-401).....	167
Tabel 5.95. Spesifikasi Blower Udara 4 (B-401).....	168
Tabel 5.96. Spesifikasi Blower Udara 4 (B-402).....	168
Tabel 5.97. Spesifikasi Generator Listrik (GS-401)	169
Tabel 5.98. Spesifikasi Pompa Utilitas 1 (PU-401).....	169
Tabel 5.99. Spesifikasi Pompa Utilitas 2 (PU-102).....	170
Tabel 5.100. Spesifikasi Pompa Utilitas 3 (PU-103).....	171
Tabel 5.101. Spesifikasi Pompa Utilitas 4 (PU-104).....	171
Tabel 5.102. Spesifikasi Pompa Utilitas 5 (PU-105).....	172
Tabel 5.103. Spesifikasi Pompa Utilitas 6 (PU-106).....	173
Tabel 5.104. Spesifikasi Pompa Utilitas 7 (PU-107).....	173
Tabel 5.105. Spesifikasi Pompa Utilitas 8 (PU-108).....	174
Tabel 5.106. Spesifikasi Pompa Utilitas 9 (PU-109).....	175
Tabel 5.107. Spesifikasi Pompa Utilitas 10 (PU-110).....	175
Tabel 5.108. Spesifikasi Pompa Utilitas 11 (PU-111).....	176
Tabel 5.109. Spesifikasi Pompa Utilitas 12 (PU-112).....	177
Tabel 5.110. Spesifikasi Pompa Utilitas 13 (PU-201).....	177
Tabel 5.111. Spesifikasi Pompa Utilitas 14 (PU-202).....	178
Tabel 5.112. Spesifikasi Pompa Utilitas 15 (PU-203).....	179
Tabel 5.113. Spesifikasi Pompa Utilitas 16 (PU-204).....	180
Tabel 5.114. Spesifikasi Pompa Utilitas 17 (PU-205).....	180
Tabel 5.115. Spesifikasi Pompa Utilitas 18 (PU-206).....	181
Tabel 5.116. Spesifikasi Pompa Utilitas 19 (PU-207).....	182
Tabel 5.117. Spesifikasi Pompa Utilitas 20 (PU-208).....	183
Tabel 5.118. Spesifikasi Pompa Utilitas 21 (PU-209).....	183
Tabel 5.119. Spesifikasi Pompa Utilitas 22 (PU-210).....	184
Tabel 5.120. Spesifikasi Pompa Utilitas 12 (PU-211).....	185
Tabel 5.121. Spesifikasi Pompa Utilitas 24 (PU-212).....	186
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum.....	189
Tabel 6.2. Peralatan yang Membutuhkan Steam.....	190

Tabel 6.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	194
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Proses	198
Tabel 6.5. Kebutuhan Air Total	199
Tabel 6.6. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.	215
Tabel.7.1. Perincian Luas Area Pabrik Alkyd Resin	224
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing - Masing Regu	248
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	249
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	251
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	253
Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	253
Tabel 9.1. Fixed Capital Investment	260
Tabel 9.2. Manufacturing Cost.....	263
Tabel 9.3. General Expenses	264
Tabel 9.4 Minimum Acceptable Persent Return of Investment	265
Tabel 9.5 Minimum Acceptable Pay Out Time	267
Tabel 9.6. Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi	270

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Impor Alkyd Resin di Indonesia.....	5
Gambar 1.2 Grafik Ekspor Alkyd Resin di Indonesia	6
Gambar 1.3 Grafik Produksi Alkyd Resin di Indonesia	8
Gambar 1.4 Grafik Produksi Cat Sebagai Kebutuhan Alkyd Resin	11
Gambar 2.1 Struktur Kimia Trigliserida	30
Gambar 2.2 Struktur Kimia Phtalic Anhydride.....	32
Gambar 2.3 Struktur Kimia Air	33
Gambar 2.4 Struktur Kimia Gliserol.....	35
Gambar 2.5. Struktur Kimia Pentaerythritol	45
Gambar 2.6 Diagram Alir Proses Produksi Alkyd Resin dari CPO.....	58
Gambar. 6.1. <i>Daerator</i>	193
Gambar. 6.2. Diagram <i>Cooling Water System</i>	198
Gambar 7.1. Peta Kawasan Industri Gresik	225
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung	226
Gambar 8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	232
Grafik 9.1. Analisa Ekonomi Pabrik Alkyd Resin	269
Gambar 9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> terhadap Umur Pabrik.....	270

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara tropis dengan sumber daya alam yang melimpah dan tanah subur yang mendukung kehidupan berbagai macam tanaman. Selain itu, Indonesia juga merupakan negara agraris yang dikenal sebagai penghasil bahan mentah seperti minyak kelapa, minyak sawit, minyak kedelai, dan minyak biji rami. Sebagai negara produsen utama minyak kelapa sawit di dunia, di Indonesia minyak kelapa sawit masih belum dimanfaatkan secara maksimal padahal penggunaan minyak sawit dapat memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi jika diolah terlebih dahulu menjadi bahan yang lebih unggul dan memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi, namun pemerintah biasanya masih lebih memilih untuk mengeksplorasi bahan baku ini karena nilai ekonomi yang dihasilkan masih relatif rendah.

Minyak-minyak tersebut, khususnya minyak sawit, dapat diperoleh terus-menerus karena berasal dari sumber alam yang dapat diperbaharui. Produksi polialkid merupakan salah satu aplikasi asam lemak dari minyak sawit. Bahan yang digunakan dalam kepentingan manusia salah satunya adalah polimer. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, plastik semakin banyak digunakan baik itu sintetis atau alami, sebagian besar bahan yang digunakan orang terbuat dari polimer.

Resin digunakan dalam produksi cat, yang merupakan salah satu aplikasi dalam pemanfaatannya. Penggunaan resin sintetis ini menyebabkan cat yang diperoleh tahan terhadap pengaruh iklim karena sifat lapisan cat yang elastis (tidak rapuh dan mudah rusak). Resin alkyd, yang telah diubah dari minyak nabati atau hewani, adalah salah satu jenis resin sintetis. Karena jumlah asam lemak tak jenuh yang berbeda di setiap minyak nabati, minyak nabati yang digunakan untuk membuat resin alkyd berdampak pada warnanya.

Berzelius menciptakan poliester untuk pertama kalinya pada tahun 1874 menggunakan gliserol dan asam tartarat. W. Smith menciptakan polimer gliserol-phthalic anyhride pada tahun 1901. Pada tahun 1921 General Electric membuat polimer gliserol - phthalic anhydride - asam lemak, dan produk ini digunakan dalam industri listrik. Minyak biji rami sering digunakan sebagai bahan pengikat untuk pengecatan bangunan pada tahun 1930-an. Sedangkan alkyd di sisi lain, mulai berkembang dan mampu

memberikan waktu pengeringan lebih cepat, tidak menguning (non-yellowing), dan menawarkan perlindungan yang lebih baik. Alkyd menggantikan selulosa sebagai perekat pelapis primer pada 1950-an. Cat berbahan dasar air (resin polivinil atau emulsi) dengan sedikit atau tanpa kandungan alkid juga digunakan sebagai pengikat pada tahun 1950-an. Selain itu, cat ini mendominasi pasar arsitektur pada 1950-an, 1960-an, dan 1970-an. Meskipun demikian, ada banyak aplikasi yang berbeda untuk alkid di berbagai industri, seperti pelapis khusus dan tinta.

Polyols, polybasic acids dan *fatty acids* atau *triglyceride oil* (minyak nabati) adalah tiga monomer yang dipolimerisasi kondensasi untuk membentuk resin alkid. Ada beberapa macam minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan alkyd resin, antara lain: *Linseed oil* (minyak biji rami), *safflower oil*, *menhaden oil*, *castor oil* (minyak jarak), *soybean oil* (minyak kacang kedelai), *coconut oil* (minyak biji kelapa), *sunflower oil* (minyak bunga matahari), *palm kernel oil* (minyak biji kelapa sawit), *Crude Palm Oil* (CPO) dll. Minyak – minyak tersebut adalah ester gliserol di mana gugus hidroksil berinteraksi dengan asam lemak untuk membentuk minyak. Asam ini biasanya memiliki 18 atom karbon di dalamnya. Trigliserida, juga dikenal sebagai triganda ester.

1.2. Kegunaan Produk

Cat, pelapis, porselen, pernis, dempul, tinta, lilin, perekat, elastomer, pembentuk film, dan industri lainnya menggunakan resin alkid, produk

polimer, secara ekstensif. Hal ini dikarenakan sifat-sifatnya yang unggul sebagai pelapis permukaan yang meliputi kelenturan, kekuatan dan daya tahan, serta sifat daya rekat yang baik. Pada pelapisan, resin alkyd mengeras dan melekat pada objek yang dilapisi. Resin alkyd adalah pengikat fleksibel yang banyak digunakan di banyak industri, termasuk arsitektur dan industri. Resin alkyd juga dapat digunakan sebagai plasticizer pada resin termoplastik yang rapuh (Sandler, 1994).

1.3. Penentuan Kapasitas Produksi

1.3.1. Impor Alkyd Resin

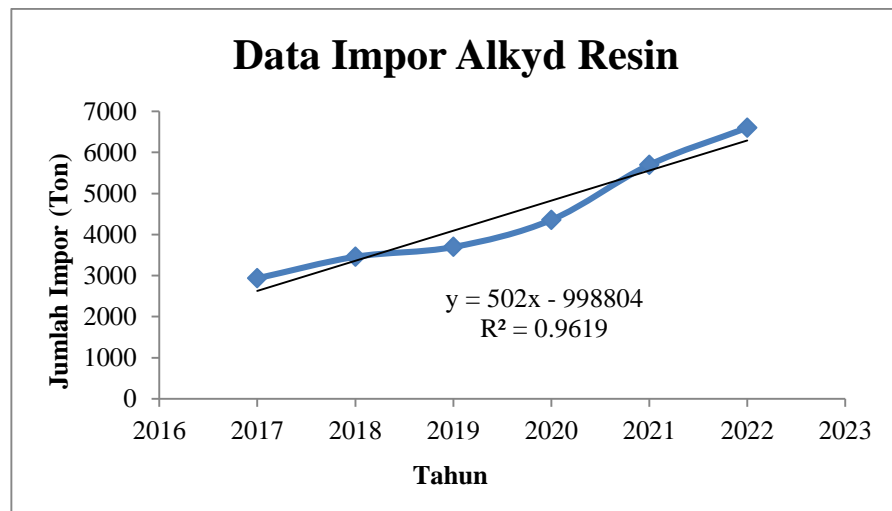
Kebutuhan alkyd resin di dalam negeri masih belum terpenuhi, ditinjau dari nilai impor produk alkyd resin di Indonesia. Alkyd resin diklasifikasikan dalam kode HS yaitu HS. 39075010. Berdasarkan sumber dari data Badan Pusat Statistik dan Kementerian Perindustrian, pada tahun 2017 sampai 2022 impor alkyd resin mengalami kenaikan. Data impor alkyd resin dari tahun 2017 sampai 2022 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Perkembangan Impor Alkyd Resin Tahun 2017 – 2022

Tahun	Volume (Ton)	% Perkembangan
2017	2.938,70	-
2018	3.460,83	5,22
2019	3.698,83	2,38
2020	4.356,95	6,58
2021	5.695,26	13,38
2022	6.598,79	9,03

Sumber: bps.go.id

Dari data impor yang ada dibuat regresi linier dan menghasilkan grafik pada Gambar 1.1 sebagai berikut:



Gambar 1.1 Grafik Impor Alkyd Resin di Indonesia

Dari grafik diatas memenuhi rumus linier yaitu $y = ax - b$, sehingga

$$\begin{aligned}
 \text{Impor (y)} &= (502 \text{ x}) - 998804 \\
 &= (502 \text{ x } 2028) - 998804 \\
 &= 19.252,00 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

1.3.2. Ekspor Alkyd Resin

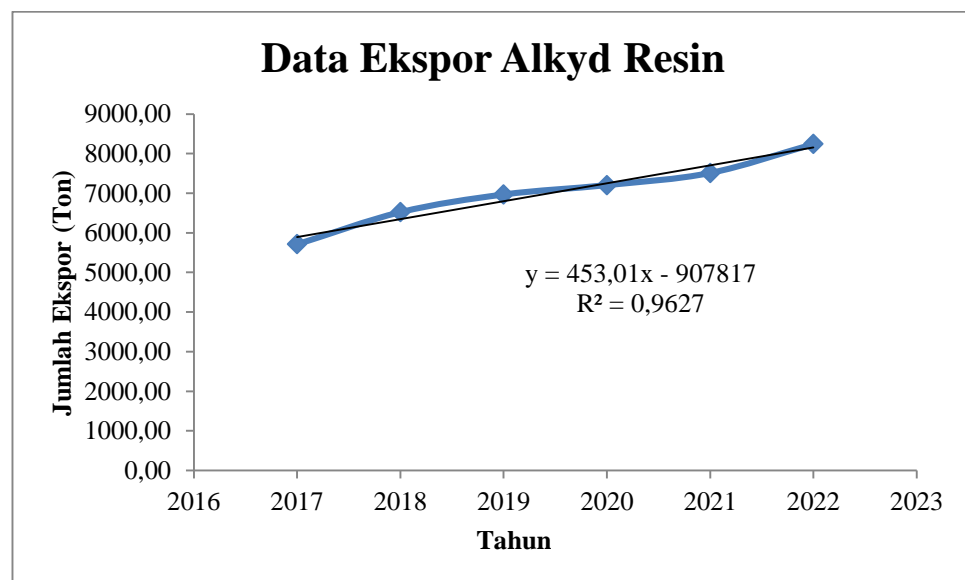
Meski belum terlalu banyak, alkyd resin yang di produksi oleh Indonesia di ekspor ke berbagai negara. Alkyd resin diklasifikasikan dalam kode HS yaitu HS. 39075010. Berdasarkan sumber dari data Badan Pusat Statistik dan Kementerian Perindustrian, pada tahun 2017 sampai 2022 ekspor alkyd resin mengalami kenaikan. Data ekspor alkyd resin dari tahun 2017 sampai 2022 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Perkembangan Ekspor Alkyd Resin Tahun 2017 – 2022

Tahun	Volume (Ton)	% Perkembangan
2017	5.712,33	-
2018	6.523,58	8,11
2019	6.969,50	4,45
2020	7.206,30	2,36
2021	7.513,35	3,07
2022	8.242,15	7,28

Sumber: bps.go.id

Dari data impor yang ada dibuat regresi linier dan menghasilkan grafik pada Gambar 1.2 sebagai berikut:

**Gambar 1.2 Grafik Ekspor Alkyd Resin di Indonesia**

Dari grafik diatas memenuhi rumus linier yaitu $y = ax - b$, sehingga

$$\begin{aligned}
 \text{Ekspor (y)} &= (453,01 x) - 907817 \\
 &= (453,01 x 2028) - 907817 \\
 &= 10.887,28 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

1.3.3. Produksi Alkyd Resin di Indonesia

Tercatat bahwa terdapat beberapa perusahaan yang memproduksi alkyd resin di Indonesia. Daftar pabrik alkyd resin yang ada di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.3 berikut:

Tabel 1.3 Produksi Alkyd Resin di Indonesia pada tahun 2022

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
PT. Eternal Buana Chemical	Jawa Timur	30.000
PT. Akzo Nobel Raung Resins	Surabaya	10.000
PT. Pardic Jaya Chemicals	Tangerang	20.000
PT. Tunas Sumber Idea Kreasi	Serang	20.000
PT. Indonesia Kansai Perkasa	Tangerang	10.000
PT. Warna Agung	Tangerang	8.500
PT. Golden Bridge Chemicals	Sidoarjo	5.000
PT. MCNS Polyurethenas Indonesia	Banten	12.500
PT. Inawan Chemtex Indonesia	Jawa Barat	5.000
PT. Dong Sung Jakarta	Banten	1.000
PT. Citra Resin Industri	Serang	7.500
PT. Eterindo Nusa Graha	Gresik	20.000
PT. Propan Jaya	Jakarta	4.200
PT. ICI	Jakarta	500
PT. United Transocean	Jakarta	5.000
Total		155.000

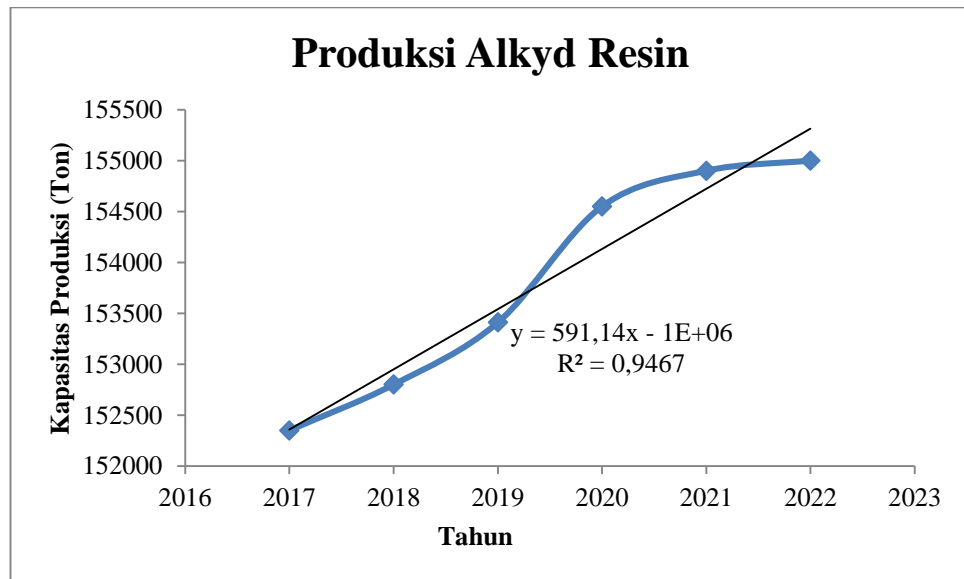
Sumber: Data Kemenperin

Tabel 1.4 Produksi Alkyd Resin di Indonesia pada tahun 2017-2022

Tahun	Kapasitas (Ton)
2022	155.000
2021	154.900
2020	154.550
2019	153.410
2018	152.800
2017	152.350

Sumber: Data Kemenperin

Dari data produksi alkyd resin diatas, dapat dibuat regresi linier dan didapatkan grafik pada Gambar 1.3 berikut:

**Gambar 1.3 Grafik Produksi Alkyd Resin di Indonesia**

Dari grafik diatas memenuhi rumus linier yaitu $y = ax - b$, sehingga

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi Alkyd Resin (y)} &= (591,14 x) - 1.000.000 \\
 &= (591,14 x 2028) - 1.000.000 \\
 &= 198.831,92 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

1.3.4. Kebutuhan Alkyd Resin di Indonesia

Alkyd resin merupakan salah satu bahan baku yang digunakan dalam industri cat, tinta dan perekat. Berikut ini merupakan kapasitas produksi pabrik cat di Indonesia:

Tabel 1.5 Pabrik Cat di Indonesia Pada Tahun 2022

Nama Perusahaan	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
PT. Dana Paint Indonesia	46.500
PT. Akzo Nobel Car Refinish	2.500
PT. Atlantic Ocean Paint	26.500
PT. Avi Avian	147.000
PT. Bina Adidaya	5.500
PT. Chugoku Paint Indoensia	5.000
PT. Futanlux Chemitraco	12.000
PT. ICI Paint Indonesia	200.000
PT. Isamu Raya	15.000
PT. Jotun Indonesia	100.000
PT. Mataram Paint Co Ltd	5.100
Mowilex CV	10.000
PT. Nipsea Paint and Chemicals	250.000
PT. Pasicic Dwiyasa Putra	70.000
PT. Pan Ocean Paint	10.000
PT. Propan Raya Industri	200.000
PT. Sarana Warna Megah	10.000
PT. Sigma Utama	6.000
PT. Sinar Madu Wangi	8.000
PT. Gunung Segara Buana	500
PT. Axalta	5.500
PT. Beckers	70

Nama Perusahaan	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
PT. Bintang Cemikal Indonesia	6.000
PT. Central Megahtama	250
PT. Choil Global Indonesia	270
PT. Ciwipoint Global Indonesia	115
PT. Fanos Asia	600
PT. Fujikura Kasei Indonesia	100
PT. Gyung Do Indonesia	2.000
PT. Indaco Waina Dunia	34.000
PT. Indowira Putra	4.500
PT. Inti Daya Guna Aneka Warna	18.500
PT. Kansai Paint Indonesia	14.400
PT. Multipro Paint	1.800
PT. Nipon Paint	250.000
PT. Penta Ocean	8.000
Total	1.475.705

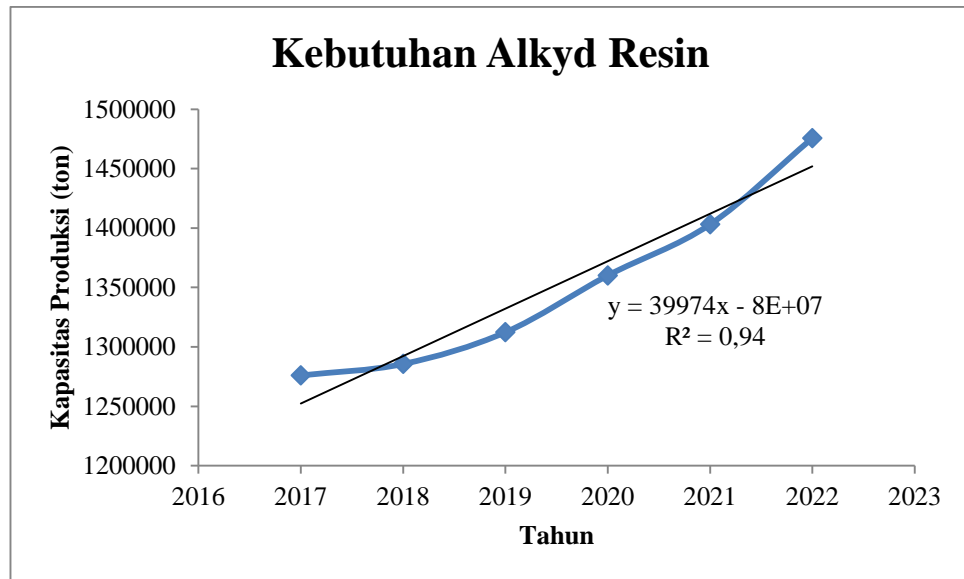
Sumber: Data Kemenperin

Tabel 1.6 Produksi Cat di Indonesia Tahun 2017-2022

Tahun	Kapasitas (Ton)
2017	1.275.950
2018	1.285.600
2019	1.312.300
2020	1.360.100
2021	1.403.100
2022	1.475.705

Sumber: Data Kemenperin

Dari data produksi cat diatas, dapat dibuat regresi linier dan didapatkan grafik pada Gambar 1.4 berikut:



Gambar 1.4 Grafik Produksi Cat Sebagai Kebutuhan Alkyd Resin

Kebutuhan alkyd resin dalam industri cat sebesar 25% dari total produksi cat (Aidha dan Jati 2017) sehingga jumlah alkyd resin yang dibutuhkan sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi Cat (y)} &= (39974 \times x) - 80.000.000 \\
 &= (39974 \times 2028) - 80.000.000 \\
 &= 1.067.272,00 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan alkyd resin} &= 25 \% \text{ produksi cat} \\
 &= 25 \% (1.067.272,00 \text{ ton}) \\
 &= 266.818,00 \text{ ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

1.4. Prospek Pasar

Alkyd resin merupakan bahan pengikat serbaguna, yang secara luas digunakan untuk pelapisan cat pada bidang arsitektural, industri dan kegunaan khusus lainnya. Alkyd resin juga digunakan sebagai bahan pengikat tinta (ink binder) serta penggunaan lainnya seperti: pendepul, perekat dan aditif. Kegunaan alkyd resin tersebut lah yang menjadikan alkyd resin sebagai bahan baku yang banyak dibutuhkan oleh berbagai industri terutama industri cat. Pabrik ini direncanakan berdiri dan beroperasi pada tahun 2028.

Persamaan kapasitas produksi adalah sebagai berikut:

$$PK = (DK + DE) - (DP + DI)$$

Dimana:

PK = Peluang Kapasitas Pada Tahun X

DK = Data Konsumsi Alkyd Resin untuk Produksi Cat Pada Tahun X

DI = Data Impor Alkyd Resin Pada Tahun X

DE = Data Ekspor Alkyd Resin Pada Tahun X

DP = Data Produksi Alkyd Resin Pada Tahun X

Drgn menggunakan rumus di atas, maka didapatkan kapasitas alkyd resin sebagai berikut:

$$\text{Peluang 2028} = (266.818,00 \text{ Ton} + 10.887,28 \text{ Ton}) - (198.831,92 \text{ Ton} + 19.252,00 \text{ Ton})$$

= 59.621,36 Ton

= **60.000,00 Ton**

Setelah mengolah data – data diatas maka direncanakan pendirian pabrik alkyd resin tahun 2028 dengan kapasitas 50 % dari peluang pasar (UU RI No. 5 Tahun 1999 Bab IV Pasal 17 Tentang Kegiatan Yang Dilarang Monopoli) yaitu sebesar **30.000 ton/tahun**.

1.5. Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat penting pada suatu perancangan karena akan berpengaruh secara langsung terhadap keberlangsungan hidup pabrik. Banyak faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik. Faktor ini dapat dibagi menjadi faktor primer dan faktor sekunder. Faktor primer terdiri dari sumber bahan baku, daerah pemasaran dan transportasi. Faktor sekunder terdiri dari utilitas seperti penyediaan air dan listrik, kemudahan ketersediaan tenaga kerja, iklim, komunitas masyarakat, keadaan tanah dan lainnya. Berdasarkan faktor – faktor tersebut maka pabrik yang akan didirikan berlokasi di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur dengan pertimbangan sebagai berikut:

1.5.1. Faktor Primer

a. Sumber Bahan Baku

Lokasi pabrik yang dipilih yaitu di Gresik, Jawa Timur dekat dengan produsen dan minyak kelapa sawit dari PT. Sawit Arum Madani (kapasitas 25.000 ton/tahun) yang berlokasi di Blitar, Jawa Timur. Gliserol didapat dari PT. Cisadane Raya Chemical (kapasitas produksi 22.500 ton/tahun) yang berlokasi di Tangerang. Phtalic anhydride diperoleh dari PT. Petrowidada (kapasitas produksi 140.000 ton/tahun) yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur, dan Toluena didapat dari PT. Transpacific Petrochemical Indotama (kapasitas produksi 100.000 ton/tahun) yang berlokasi di Tuban, Jawa Timur.

b. Daerah Pemasaran

Lokasi pabrik dekat dengan daerah pemasaran produk. Konsumen terbesar alkyd resin adalah industri cat, porselen, pernis, dempul, tinta, kapur, perekat yang sebagian besar berlokasi di Pulau Jawa sehingga dalam pemasarannya mudah. Daftar perusahaan cat, tinta dan sejenisnya terdapat pada Tabel 1.6 dibawah ini:

Nama Perusahaan	Daerah
PT. Aplitech Biner Murni	Jakarta
PT. Dana Paint Indonesia	Jakarta
PT. Nippon Paint Indonesia	Jakarta
PT. Glucksindo Makmur	Jakarta
PT. Axalta	Jawa Barat
PT. Asia Permai	Jawa Barat

Nama Perusahaan	Daerah
PT. Bangkit Maju Wijaya	Jawa Barat
PT. ICI Paints Indonesia	Jawa Barat
PT. International Paint Indonesia	Jawa Barat
PT. Bintang Catur Adhyasa	Jawa Tengah
PT. Citra Warna Abadi	Jawa Tengah
PT. Deka Sejahtera Bersama	Jawa Tengah
PT. Indaco Waina Dunia	Jawa Tengah
PT. Nusa Sarana Indonesia	Jawa Tengah
PT. Avia Avian	Jawa Timur
PT. Anugrah Bintang Fajar	Jawa Timur
PT. Dura Putra Perkasa	Jawa Timur
PT. Nipsea Paint and Chemicals	Jawa Timur
PT. Global Mitra Abadi	Jawa Timur

Sumber: Kemenperin.go.id

c. Transportasi

Jalur transportasi baik darat maupun laut yang berperan dalam pendistribusian bahan baku maupun produk cukup memadai, untuk transportasi darat tersedia jalan raya yang menghubungkan Jakarta – Surabaya dan daerah – daerah lain yang berpotensi untuk menunjang jalannya proses produksi dan pemasaran. Sedangkan jalur laut dapat menggunakan pelabuhan barang di Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya, Jawa Timur.

1.5.2. Faktor Sekunder

a. Penyediaan Utilitas

Untuk menjalankan proses produksi pabrik diperlukan fasilitas penunjang seperti pembangkit listrik dan air. Lokasi yang dekat dengan laut ini akan memudahkan proses pengoperasian pabrik dalam hal pengadaan utilitas. Sedangkan listrik dapat disediakan dari PLN dan Generator.

b. Tenaga Kerja

Kebutuhan untuk ketenagakerjaan dapat diperoleh dari daerah Gresik dan sekitarnya dengan memperkerjakan masyarakat sekitar.

c. Kawasan Industri

Penempatan pabrik di kawasan industri sesuai dengan Keputusan Presiden No. 41 Tahun 1996 tentang Kawasan Industri. Pada pasal 15 ayat 2 yang di dalamnya disebutkan bahwa pembangunan di kawasan industri merupakan syarat untuk melakukan pembangunan dan kegiatan produksi

d. Komunitas

Masyarakat di sekitar lokasi juga perlu diperhatikan karena masyarakat ini dapat dijadikan pegawai yang prospektif dan akan mempengaruhi tingkat keamanan yang merupakan salah satu hal penting yang perlu dijadikan pertimbangan. Pada pemilihan lokasi yaitu kawasan industri

gresik yang merupakan kawasan industri terbesar di Jawa Timur, sehingga masyarakat sekitar sudah terbiasa dengan keadaan tersebut.

1.6. Dasar Rancangan Proses

Dari uraian di atas dan pertimbangan yang ada baik dari segi ekonomi dan sosial, maka pabrik alkyd resin ini cukup berpotensi untuk berkembang di Indonesia, dimana dasar rancang pabrik sebagai berikut:

- a. Kapasitas pabrik yang dirancang sebesar 30.000 ton/tahun dan akan mulai memproduksi pada tahun 2028.
- b. Pabrik akan didirikan di kawasan industri Gresik, Jawa Timur.

BAB II

PEMILIHAN BAHAN DAN URAIAN PROSES

Pada prarancangan pabrik alkyd resin ini menggunakan tahapan proses yang sama yaitu proses alkoholisis dan proses esterifikasi namun terdapat perbandingan bahan untuk dijadikan polioli. Bahan baku yang digunakan yaitu gliserol dan pantaerythritol. Kedua bahan tersebut akan dibandingkan berdasarkan tinjauan ekonomi dan tinjauan thermodinamika.

2.1. Metode Alkoholisis atau Monogliserida

Jika minyak, polioli dan asam dikarboksil dipanaskan bersama akan menghasilkan campuran heterogen dan kondensasi awal antara polioli dan asam dikarboksil menghasilkan poliester. Poliester ini tidak larut dalam minyak dan dengan cepat membentuk poliester yang tidak dimodifikasi yang dengan cepat membentuk gel yang dimulai dengan reaksi. Untuk mengatasi masalah ini, metode alkoholisis digunakan. Metode ini melibatkan pengolahan minyak trigliserida dengan polioli dan katalis pada suhu 250–260°C, di mana reaksi alkoholisis akan berlangsung (Heriyanto *et al.* 2013). Monogliserida yang dihasilkan ditambahkan seperti asam ftalat untuk membuat resin homogen.

Untuk mengetahui selesainya metode alkoholisis dapat dilakukan dengan melarutkan satu bagian campuran yang jernih, karena prinsipnya minyak tidak larut dalam alcohol dan monoester larut. Jadi, bila campuran belum jernih maka proses alkoholisis belum selesai. Asam karboksilat kemudian ditambahkan dan esterifikasi berlangsung pada temperature 220 – 240° C untuk mendapatkan resin alkyd yang diinginkan (Heriyanto *et al.* 2013).

Pada proses alkoholisis menggunakan poliol yang akan menyebabkan terjadinya reaksi interesifikasi yang dipengaruhi oleh panas dan katalis sehingga mengurangi jumlah hidroksi yang tersedia dan membentuk poliol yang mempunyai fungsionalitas lebih tinggi. Jenis poliol yang biasa digunakan untuk pembuatan alkyd resin adalah gliserol dan pentaeritritol.

2.2. Katalis

Pembentukan monogliserida dari minyak nabati pada pembuatan resin alkyd tipe minyak kandungan tinggi membutuhkan waktu yang lama sehingga diperlukan katalis. Katalis yang digunakan adalah katalis campuran karena fasa antara katalis (padat) dan medium (cair). Katalis ini menyerap larutan pada media. Terjadinya adsorpsi kimia ini dapat mengakibatkan perubahan aktivasi molekul. Karena perubahan aktivitas molekuler, stabilitas molekul dalam larutan terganggu, membuatnya mudah untuk memutuskan hubungan antar molekul.

Logam alkali hidroksida adalah katalis alkoholisis yang efektif tetapi dapat menghasilkan alkyd resin dengan warna yang gelap. Katalis lainnya seperti senyawa timbal dengan konsentrasi 0,2 – 0,5 % dari minyak sangat baik digunakan untuk alkoholisis minyak kelapa sawit dan gliserol.

2.3. Proses Pendukung

Berdasarkan prosedur kimia diatas, maka untuk proses produksi atau metode proses dapat divariasikan berdasarkan pengaturan secara mekanis untuk menghilangkan air sebagai produk samping (*by – product*) sehingga reaksi esterifikasi dapat berlangsung dengan sempurna. Kondisi proses pembuatan alkyd resin dengan menggunakan metode alkoholisis dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Kondisi Proses Pembuatan Alkyd Resin Metode Alkoholisis

Bahan Baku	Trigliserida
Temperature	250 – 260°C
Biaya Perawatan Alat	Lebih murah
Tekanan	1 atm
Konversi	92 %

Sumber: (Igbo *et al.* 2014)

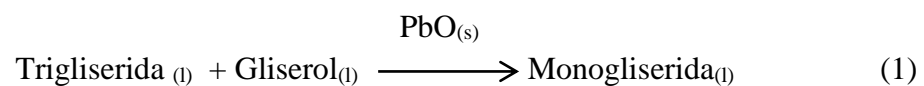
2.4. Berdasarkan Tinjauan Ekonomi

Tinjauan Ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui keuntungan yang dihasilkan oleh pabrik per kg produk yang dihasilkan pada masing-masing bahan penunjang yang akan digunakan.

2.4.1. Proses menggunakan Polioli Gliserol

Reaksi pembentukan alkyd resin berbahan baku trigliserida diproses dengan metode Monogliserida atau Alkoholisis yang terdiri dari 2 tahap reaksi yaitu tahap alkoholisis dan tahap esterifikasi.

a. Tahap Alkoholisis



b. Tahap Esterifikasi



Tabel 2.2. Persen Komposisi Bahan Baku Pembuatan Alkyd Resin

Material	Berat (%)
Trigliserida	61,3
Gliserol	9,2
Phthalic Anhydride	29
Katalis PbO	0,5

Sumber: Patent WO2010023532

a. Tahap Alkoholisis

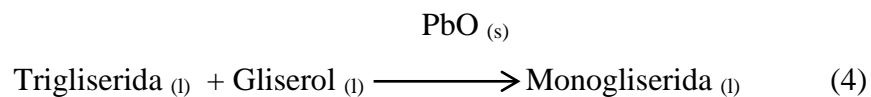
Bila produk monogliserida yang terbentuk pada proses ini sebanyak 1 gram, Yield dari proses ini terdiri dari 91,5% Monogliserida dengan basis trigliserida (Elliott 2018), maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Yield} &= 0,915 = \frac{\text{berat alkyd resin yang terbentuk}}{\text{berat trigliserida umpan}} \quad (3) \\
 &= \frac{1}{\text{berat trigliserida umpan}} \\
 &= 1,09 \text{ kg (Berat Trigliserida umpan)}
 \end{aligned}$$

Berat reaktan yang lainnya dapat dihitung dari perbandingan % komposisi yang ada pada Tabel 2.2.

Basis = 1 kg

Reaksi :



Berat (Kg) :

1,09 0,16 0,01 1

Dalam perhitungan di atas, untuk membentuk monogliserida 1 kg, diperlukan trigliserida sebanyak 1,09 kg, gliserol sebanyak 0,16 kg dan katalis PbO sebanyak 0,01 kg.

b. Tahap Esterifikasi

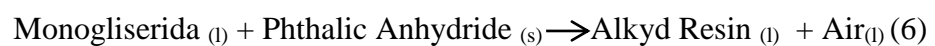
Bila produk alkyd resin yang terbentuk pada proses ini sebanyak 1 gram, Yield dari proses ini terdiri dari 75,4% alkyd resin dengan basis monogliserida (Elliott 2018), maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Yield} = 0,754 &= \frac{\text{berat alkyd resin yang terbentuk}}{\text{berat monogliserida umpan}} & (5) \\
 &= \frac{1}{\text{berat monogliserida umpan}} \\
 &= 1,326 \text{ kg (Berat Monogliserida umpan)}
 \end{aligned}$$

Berat reaktan yang lainnya dapat dihitung dari perbandingan % komposisi yang ada pada Tabel 2.2. di atas.

Basis = 1 kg

Reaksi :



Berat (Kg) :

1,09	0,54	1	0,33
------	------	---	------

Dari perhitungan tahap 2 (tahap esterifikasi) di atas, untuk membentuk Alkyd Resin 1 kg, diperlukan Monogliserida sebanyak 1,09 kg dan Phthalic Anhydride sebanyak 0,54 kg.

Tabel 2.3. Data harga bahan baku dan produk

Material	Harga (\$/kg)
Trigliserida (CPO)	0,6
Gliserol	1,2
Katalis PbO	1,5

Phthalic Anhydride	1,3
Toluena	0,75
Alkyd Resin	2,96

Sumber: Icispricing.com

Dari kedua tahapan proses diatas, dapat dihitung nilai Ekonomi Potensial. Berikut harga yang dibutuhkan untuk membuat 1 kg alkyd resin :

Tabel 2.4. Harga bahan baku untuk membuat 1 kg Alkyd Resin menggunakan Polioli Gliserol

Material	Harga (\$/kg)	Berat (kg)	Total harga (\$)
Trigliserida (CPO)	0,6	1,09	0,654
Gliserol	1,2	0,16	0,192
Katalis PbO	1,5	0,01	0,015
Phtalic Anhydride	1,3	0,51	0,663
Total harga bahan baku			1,524

$$EP = (\text{total harga produk}) - (\text{total harga bahan baku}) \quad (7)$$

$$EP = (\text{harga alkyd resin}) - (\text{harga Trigliserida/CPO} + \text{harga Gliserol} + \text{Phtalic Anhydride} + \text{katalis PbO}) \quad (8)$$

$$EP = (\$ 2,96/\text{kg}) - (\$ 1,524/\text{kg})$$

$$EP = \$ 1,436/\text{kg}$$

Keuntungan untuk produksi 40.000 ton adalah :

$$\$1,436 \times 40.000 \times 1.000 = \$57.440.000/\text{tahun}$$

2.4.2. Proses Menggunakan Polioliol Pentaerythritol

Jika pada proses alkoholisis, poli basic alcohol diganti dengan pentaerythritol. Konversi reaksi pada proses ini yaitu 87% dengan kondisi operasi pada suhu 240°C dan tekanan 1 atm (Heilig 1994). Ekonomi potensial untuk proses yang menggunakan pentaerythritol dapat dihitung sebagai berikut:

a. Tahap Alkoholisis

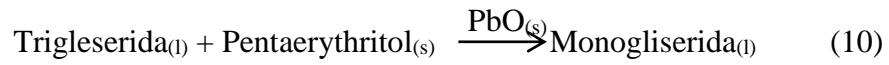
Bila produk monogliserida yang terbentuk pada proses ini sebanyak 1 gram dan Yield dari proses ini terdiri dari 91,5% Monogliserida dengan basis trigliserida, maka:

$$\begin{aligned} \text{Yield} = 0,915 &= \frac{\text{berat monogliserida yang terbentuk}}{\text{berat trigleserida umpan}} && (9) \\ &= \frac{1}{\text{berat trigleserida umpan}} \\ &= 1,09 \text{ kg (Berat trigleserida umpan)} \end{aligned}$$

Berat reaktan yang lainnya dapat dihitung dari perbandingan % komposisi yang ada pada Tabel 2.2 di atas.

Basis = 1 Kg

Reaksi :



Berat (Kg) :

1,09 0.16 0.01 1

Dari perhitungan diatas, didapatkan bahwa untuk membentuk monogliserida 1 kg, diperlukan trigliserida sebanyak 1,09 kg, gliserol sebanyak 0,16 dan katalis PbO sebanyak 0,01 kg.

b. Tahap Esterifikasi

Bila produk alkyd resin yang terbentuk pada proses ini sebanyak 1 gram, Yield dari proses ini terdiri dari 75,4 % alkyd resin dengan basis monogliserida, maka:

$$\begin{aligned} \text{Yield} = 0,75 &= \frac{\text{berat alkyd resin yang terbentuk}}{\text{berat monogliserida umpan}} && (11) \\ &= \frac{1}{\text{berat monogliserida umpan}} \\ &= 1,326 \text{ kg (Berat Monogliserida umpan)} \end{aligned}$$

Berat reaktan yang lainnya dapat dihitung dari perbandingan % komposisi yang ada pada Tabel 2.2 di atas.

Basis = 1 Kg

Reaksi :

Monogliserida _(l)+ Phthalic Anhydride _(s) → Alkyd Resin _(l)+ Air_(l) (12)

Berat (Kg) :

1,326 0.54 1 0.33

Dari perhitungan diatas, didapatkan bahwa untuk membentuk alkyd resin 1 kg, diperlukan monogliserida sebanyak 1,326 kg dan phtalic anhydride sebanyak 0,54 kg. Harga bahan baku untuk membuat 1 kg alkyd resin dengan menggunakan Polioli Pentaerythritol dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Harga Bahan Baku untuk Membuat 1 Kg Alkyd Resin Menggunakan Polioli Pentaerythritol

Material	Harga (\$/Kg)	Berat (Kg)	Total Harga (\$)
Trigliserida (CPO)	0,6	1,36	0,816
Pentaerythritol	1,2	0,16	0,192
Katalis PbO	1,5	0,01	0,015
Phtalic Anhydride	1,3	0,54	0,702
Total harga bahan baku			1,725

$$EP = (\text{total harga produk}) - (\text{total harga bahan baku}) \quad (7)$$

$$EP = (\text{harga alkyd resin}) - (\text{harga Trigliserida}) + (\text{harga Pentaerythritol} + \text{Phtalic anhydride} + \text{katalis PbO}) \quad (8)$$

$$EP = (\$ 2,96/\text{kg}) - (\$ 1,725/\text{kg})$$

$$EP = \$ 1,235/\text{kg}$$

Keuntungan untuk produksi 40.000 Ton adalah:

$$\$1,235 \times 40.000 \times 1.000 = \$ 49.400.000/\text{tahun}$$

Secara ekonomi potensial, bahan poliol yang dipilih adalah Gliserol dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Harga gliserol yang lebih murah dari pentaerythritol
- Gliserol tersedia di Indonesia, sedangkan untuk mendapatkan pentaerythritol yaitu dengan mengimpor dari luar negeri. Hal ini akan menambah biaya transportasi bahan baku yang lebih mahal.

2.5. Berdasarkan Tinjauan Termodinamika

2.5.1. Perhitungan Panas Reaksi

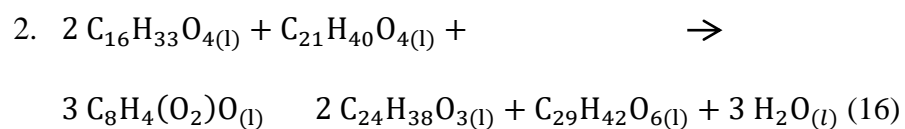
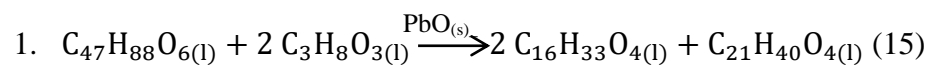
Jika proses ditinjau dari panas reaksinya, yaitu dengan cara memperhitungkan nilai energi bebas Gibbs (kondisi reaksi) (ΔG_R) dan panas reaksi pembentukan (kondisi reaksi) (ΔH_R).

$$\Delta H_R = \Delta H_f + \int_{T_0}^T \Delta C_p \times dT \quad (13)$$

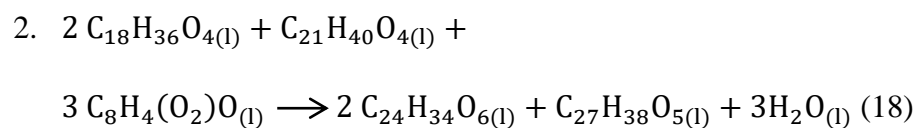
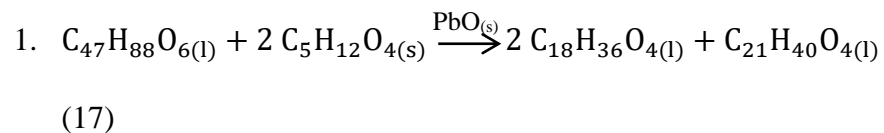
$$\Delta G_R = \Delta H_f + \frac{T}{T_0} (\Delta H_f - \Delta G_0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} \quad (14)$$

Bahan baku utama dan produk yang dihasilkan memiliki molekul panjang dan memiliki beberapa gugus fungsi, sehingga untuk menghitung nilai energi bebas Gibbs standar (ΔG^0) dan panas reaksi pembentukan standar (ΔH^0_f) digunakan pendekatan rumus molekul yaitu dengan kontribusi gugus fungsi. Metode Joback pada Reid, 1987 dapat digunakan untuk estimasi nilai ΔG^0 dan ΔH^0_f .

a. Berdasarkan Penggunaan Gliserol

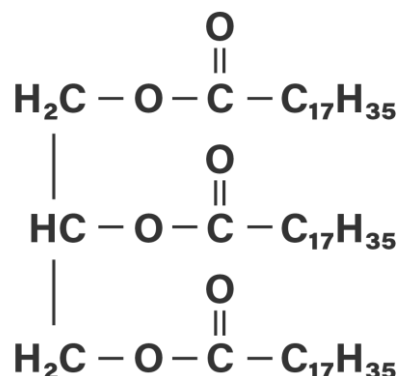


b. Berdasarkan Penggunaan Pentaerythritol



1. Perhitungan Nilai CP

a. Trigliserida (C₄₇H₈₈O₆)



Gambar 2.1 Struktur Kimia Trigliserida

Tabel 2.6 Kontribusi Gugus Fungsi untuk Energi Trigliserida

Gugus	ΔH^0_f (kJ/mol)	ΔG^0 (kJ/mol)	Jumlah (n _i)
-CH ₃	76,45	43,96	3
=CH ₂	-20,64	8,42	38
=CH-	29,89	58,36	2
=CO-	133,22	-120,50	3
-O- (nonring)	-132,22	-105	3

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ Trigliserida} &= (3 \times 76,45) + (38 \times (-20,64)) + (2 \times 29,89) + (3 \times \\
 &133,22) + (3 \times (-132,22)) \\
 &= 229,35 + (-784,32) + 59,78 + 399,66 + (-396,66) \\
 &= \mathbf{-492,19 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Trigliserida} &= (3 \times 43,96) + (38 \times (8,42)) + (2 \times 58,36) + (3 \times \\
 &(-102,50)) + (3 \times (-105)) \\
 &= 131,88 + 32.315,96 + 116,72 + (-361,5) + (-315) \\
 &= \mathbf{-107,94 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.7 Kontribusi Gugus Fungsi untuk Cp Trigliserida

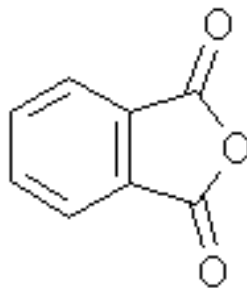
Gugus	Kapasitas Panas (J/mol K)				
	273 K	298 K	323 K	348 K	373 K
-CH ₃	40	41,6	43,5	45,8	48,3
=CH ₂	27,6	28,2	29,1	29,9	31
=CH-	23,8	24,9	25,7	26,6	28
=CO-	42,7	43,5	44,4	45,2	46
-O- (nonring)	29,3	29,7	30,1	30,5	31

Sumber: (Reid,1987)

Dari Tabel 2.7 diatas, didapatkan nilai kapasitas panas untuk masing – masing gugus, sehingga dapat dihitung nilai Cp untuk Trigliserida sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Cp Trigliserida} &= (3 \times 41,6) + (38 \times 28,2) + (2 \times 24,9) + (3 \times 43,5) \\
 &\quad + (3 \times 43,5) + (3 \times 29,7) \\
 &= 1465,8 \text{ J/mol K} \\
 &= \mathbf{1,4658 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

b. Phthalic Anhydride [$C_8H_4(O_2)O$]



Gambar 2.2 Struktur Kimia Phthalic Anhydride

Tabel 2.8 Kontribusi Gugus Fungsi untuk Energi Phthalic Anhydride

Gugus	ΔH^0_f (kJ/mol)	ΔG^0 (kJ/mol)	Jumlah (n_i)
-CH- (ring)	2,09	11,30	4
=CH< (ring)	46,43	54,05	4
=O (ring)	247,61	250,83	2
-O- (ring)	138,16	98,22	1

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ Phthalic Anhydride} &= (4 \times 2,09) + (4 \times (46,43)) + (2 \times 247,61) \\
 &\quad + (1 \times 136,16) \\
 &= 8,36 + 185,72 + 495,22 + 138,16 \\
 &= \mathbf{827,46 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Phthalic Anhydride} &= (4 \times 11,30) + (4 \times 54,05) + (2 \times 250,83) + \\
 &\quad (1 \times 98,22) \\
 &= 45,2 + 216,2 + (-501,66) + (-98,22) \\
 &= \mathbf{861,28 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.9 Konstanta untuk Cp Phtalic Anhydride

A	B	C	D
-105,6270000000	1,9840000000	-0,0038840000	0,0000028513

Sumber: (Yaws, 1999)

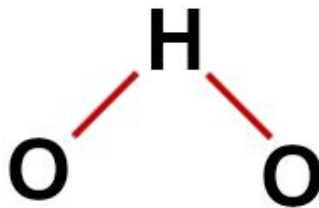
$$\Delta H = \int C_p dt = \int (A + B T + C T^2 + D T^3) dT \quad (19)$$

$$\Delta H = A T + \left(\frac{B}{2}\right) T^2 + \left(\frac{C}{3}\right) T^3 + \left(\frac{D}{4}\right) T^4 \Bigg|_{t_1}^{t_2} \quad (20)$$

Dari Tabel 2.9 diatas, didapatkan nilai kapasitas panas untuk masing – masing gugus, sehingga dapat dihitung nilai Cp untuk Phtalic Anhydride sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_p dt &= 52.395,72941 \text{ J/mol} \\ &= \mathbf{52,39572941 \text{ kJ/mol}} \end{aligned}$$

c. Air (H₂O)



Gambar 2.3 Struktur Kimia Air

Tabel 2.10 Nilai ΔH^0_f dan ΔG^0 pada Air

Gugus	ΔH^0_f (kJ/mol)	ΔG^0 (kJ/mol)
H ₂ O	-285,8	-237,13

Sumber: Smith, J.M., Ed. 6th, 2001, Appx. C4, Tabel C.4

$$\Delta H^0_f \text{ Air} = -285,8 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^0_f = -237,13 \text{ kJ/mol K}$$

Tabel 2.11 Konstanta untuk Cp Air

A	B	C	D
92	-0,0400	-0,00021103	0,000000535

Sumber: (Yaws, 1999)

$$\Delta H = \int C_p dt = \int (A + B T + C T^2 + D T^3) dT \quad (19)$$

$$\Delta H = A T + \left(\frac{B}{2}\right) T^2 + \left(\frac{C}{3}\right) T^3 + \left(\frac{D}{4}\right) T^4 \Big|_{t_1}^{t_2} \quad (20)$$

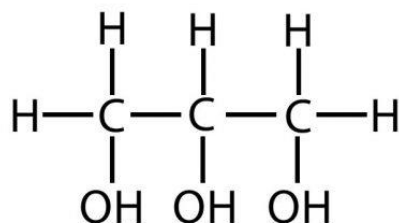
Dari Tabel 2.11 diatas, didapatkan nilai kapasitas panas untuk masing – masing gugus, sehingga dapat dihitung nilai Cp untuk air sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_p dt &= 16494,36452 \text{ J/mol} \\ &= \mathbf{16,49436452 \text{ kJ/mol}} \end{aligned}$$

2. Berdasarkan Penggunaan Polioli (Poli Basic Alkohol) jenis Gliserol



a. Gliserol $[\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3]$



Gambar 2.4 Struktur Kimia Gliserol

Tabel 2.12 Kontribusi Gugus Fungsi untuk Energi Gliserol

Gugus	ΔH^0_f (kJ/mol)	ΔG^0 (kJ/mol)	Jumlah (n_i)
-OH	-208,04	-189,2	3
=CH ₂	-20,64	8,42	2
=CH-	29,89	58,36	1

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ Gliserol} &= (3 \times (-208,04)) + (2 \times (-20,64)) + (1 \times 29,89) \\
 &= -624,12 + (-41,28) + 29,89 \\
 &= \mathbf{-635,51 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Gliserol} &= (3 \times (-189,2)) + (2 \times (8,42)) + (1 \times 58,36) \\
 &= -567,6 + 16,84 + 58,36 \\
 &= \mathbf{-492,40 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.13 Konstanta untuk Cp Gliserol

A	B	C	D
132,145000000	0,860070000	-0,1974500000	0,0000018068

Sumber: (Yaws, 1999)

$$\Delta H = \int C_p dt = \int (A + B T + C T^2 + D T^3) dT \quad (19)$$

$$\Delta H = A T + \left(\frac{B}{2}\right) T^2 + \left(\frac{C}{3}\right) T^3 + \left(\frac{D}{4}\right) T^4 \Big|_{t_1}^{t_2} \quad (20)$$

Dari Tabel 2.13 diatas, didapatkan nilai kapasitas panas untuk masing – masing gugus, sehingga dapat dihitung nilai Cp untuk Gliserol sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_p dt &= -7.898.297,918 \text{ J/mol} \\ &= \mathbf{-7.989,297918 \text{ J/mol}} \end{aligned}$$

b. Digliserida [2 C₁₆H₃₃O₄]

Tabel 2.14. Kontribusi gugus fungsi untuk energi digliserida

Gugus	ΔH^0_f (Kj/mol)	ΔG^0 (kJ/mol)	Jumlah (ni)
-CH3	-76,45	-43,96	1
=CH2	-20,64	8,42	13
=CH-	29,89	58,36	1
=CO-	133,22	-120,50	1
-O- (nonring)	-132,22	-105	1
-OH	-208,04	-189,2	2

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ Digliserida} &= 2[(1 \times (-76,45)) + (13 \times (-20,64)) + (1 \times 29,89) + \\
 &\quad (1 \times 133,22) + (1 \times (-132,22)) + (2 \times (-208,04))] \\
 &= 2[-76,45 + (-268,32) + 29,89 + 133,22 + \\
 &\quad (132,22) + (-416,08)] = 2 \times (-729,96) \\
 &= \mathbf{-1459,92 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Digliserida} &= 2 [(1 \times (-43,96)) + (13 \times 8,42) + (1 \times 58,36) + (1 \times \\
 &\quad (-120,50)) + (1 \times (-105)) + (2 \times (-189,2))] \\
 &= 2 [-43,96 + 109,46 + 58,36 + (-120,5) + (-105) + \\
 &\quad (378,4)] \\
 &= 2 \times (-480,04) \\
 &= \mathbf{-960,08 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.15. Kontribusi gugus fungsi untuk Cp Digliserida

Gugus	Kapabilitas Panas (J/mol K)				
	273 K	298 K	323 K	348 K	373 K
-CH ₃	40	41,6	43,5	45,8	48,3
=CH ₂	27,6	28,2	29,1	29,9	31
=CH-	23,8	24,9	25,7	26,6	28
=CO-	42,7	43,5	44,4	45,2	46
-O- (nonring)	29,3	29,7	30,1	30,5	31
-OH	33,5	43,9	52,3	61,7	71,1

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ Digliserida} &= 2 [(1 \times 41,6) + (13 \times 28,2) + (1 \times 24,9) + (1 \times \\
 &43,5) + (1 \times 29,7) + (2 \times 43,9)] \\
 &= 2 [41,6 + (-366,6) + 24,9 + 43,5 + 29,7 + 87,8] \\
 &= 1188,2 \text{ J/mol K} \\
 &= \mathbf{1,1882 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

c. Monogliserida [C₂₁H₃₈O₄]

Tabel 2.16. Kontribusi gugus fungsi untuk energi monogliserida

Gugus	ΔH^0_f (Kj/mol)	ΔG^0 (kJ/mol)	Jumlah (n _i)
-CH ₃	-76,45	-43,96	1
=CH ₂	-20,64	8,42	16
=CH-	29,89	58,36	3
=CO-	133,22	-120,50	1
-O- (nonring)	-132,22	-105	1
-OH	-208,04	-189,2	2

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ Monogliserida} &= (1 \times (-76,45)) + (16 \times (-20,64)) + (3 \times \\
 &29,89) + (1 \times 133,22) + (1 \times (-132,22)) + \\
 &(2 \times (-208,04)) \\
 &= -76,45 + (-330,24) + 89,67 + 133,22 + (- \\
 &132,22) + (-416,08) \\
 &= \mathbf{-732,10 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Monogliserida} &= (1 \times (-43,96)) + (16 \times 8,42) + (3 \times 58,36) + (1 \times \\
 &\quad (-120,50)) + (1 \times (-105)) + \\
 &= -43,96 + 134,72 + 175,08 + (-120,5) + (-105) + (- \\
 &\quad 378,4) + (2 \times -189,2) \\
 &= \mathbf{-338,06 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.16. Kontribusi gugus fungsi untuk Cp monogliserida

Gugus	Kapasitas Panas (J/mol K)				
	273 K	298 K	323 K	348 K	373 K
-CH ₃	40	41,6	43,5	45,8	48,3
=CH ₂	27,6	28,2	29,1	29,9	31
=CH-	23,8	24,9	25,7	26,6	28
=CO-	42,7	43,5	44,4	45,2	46
-O- (nonring)	29,3	29,7	30,1	30,5	31
-OH	33,5	43,9	52,3	61,7	71,1

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ Monogliserida} &= (1 \times 41,6) + (2 \times 28,2) + (3 \times 24,9) + (1 \times 43,5) + \\
 &\quad (1 \times 29,7) + (2 \times 43,9) \\
 &= 41,6 + 56,4 + 74,7 + 43,5 + 29,7 + 87,8 \\
 &= 728,5 \text{ kJ/mol K} \\
 &= \mathbf{0,7285 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

➤ **Energi berdasarkan penggunaan Poliol Gliserol**

Reaksi a

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ berdasarkan Gliserol} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} && (21) \\
 &= [\Delta H (\text{Digliserida} + \text{Monogliserida})] - [\Delta H \\
 &\quad (\text{Trigliserida} + \text{Gliserol})] \\
 &= [-1.459,92 + -732,1] - [-492,19 + (2 \times \\
 &\quad -635,51)] \\
 &= \mathbf{-428,81 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ berdasarkan Gliserol} &= \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}} && (22) \\
 &= [\Delta G (\text{Digliserida} + \text{Monogliserida})] - [\Delta G \\
 &\quad (\text{Trigliserida} + \text{Gliserol})] \\
 &= [-960,08 + -338,06] + [-107,94 + (2 \times \\
 &\quad -492,4)] \\
 &= \mathbf{-205,4 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

d. Alkyd Resin

Ada 3 mol Alkyd Resin yang terbentuk dengan 2 diantaranya memiliki struktur kimia yang sama, sedangkan yang lainnya berbeda.

(a) Alkyd Resin (2 molekul yang sama) : $[2C_{24}H_{34}O_6]$

Tabel 2.18. Kontribusi gugus fungsi untuk energi Alkyd Resin (2 molekul yang sama)

Gugus	ΔH^0_f (Kj/mol)	ΔG^0 (kJ/mol)	Jumlah (ni)
-CH ₃	-76,45	-43,96	1
=CH ₂	-20,64	8,42	13
=CH-	29,89	58,36	1
=CH- (ring)	2,09	11,30	4
=C<(ring)	46,43	54,05	2
=CO-	133,22	-120,50	3
-O- (nonring)	-132,22	-105	3

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ Alkyd Resin} &= 2 [(1 \times (-76,45)) + (13 \times (-20,64)) + (2 \times 46,43) + \\
 &\quad (1 \times 29,89) + (4 \times 2,09) + (3 \times 133,22) + (3 \times (- \\
 &\quad 133,22))] \\
 &= 2[-76,45 + (-268,32) + 29,89 + 8,36 + 92,86 \\
 &\quad + 399,6 + (-396,66)] \\
 &= 2 \times (-210,66) \\
 &= \mathbf{-421,32 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Alkyd Resin} &= 2 [(1 \times (-43,96)) + (13 \times 8,42) + (1 \times 58,36) + (4 \times \\
 &\quad 11,30) + (2 \times 54,05) + (3 \times (-120,50)) + (3 \times (- \\
 &\quad 105))]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2[-43,96 + 109,46 + 58,36 + 45,2 + 108,1 + (- \\
 &\quad 361,5) + 315] \\
 &= 2 \times (-399,34) \\
 &= \mathbf{-798,68 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.19. Kontribusi gugus fungsi untuk Cp Alkyd Resin

Gugus	Kapasitas Panas (J/mol K)				
	273 K	298 K	323 K	348 K	373 K
-CH ₃	40	41,6	43,5	45,8	48,3
-CH ₂ -	27,6	28,2	29,1	29,9	31
=CH-	23,8	24,9	25,7	26,6	28
=CH-(ring)	23,8	24,9	25,7	26,6	28
=CO-	42,7	43,5	44,4	45,2	46
-O- (nonring)	29,3	29,7	30,1	30,5	31
-OH	33,5	43,9	52,3	61,7	71,1

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \text{Cp Alkyd Resin} &= 2 [(1 \times 41,6) + (13 \times 28,2) + (1 \times 24,9) + (4 \times 24,9) \\
 &\quad + (2 \times 43,5) + (3 \times 29,7) + (3 \times 43,9)] \\
 &= 2[41,6 + 366,6 + 24,9 + 99,6 + 87 + 395,1] \\
 &= 1.681 \text{ J/mol K} \\
 &= \mathbf{1,681 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

(b) Alkyd Resin (1 molekul yang berbeda) : [C₂₉H₄₂O₆]

Tabel 2.20. Kontribusi gugus fungsi untuk energi Alkyd Resin (1 molekul yang berbeda)

Gugus	ΔH^0_f (Kj/mol)	ΔG^0 (kJ/mol)	Jumlah (n _i)
-CH ₃	-76,45	-43,96	1
=CH ₂	-20,64	8,42	16
=CH-	29,89	58,36	3
=CH- (ring)	2,09	11,30	4
=C<(ring)	46,43	54,05	2
=CO-	133,22	-120,50	3
-O- (nonring)	-132,22	-105	3

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ Alkyd Resin} &= (1 \times (-76,45)) + (16 \times (-20,64)) + (3 \times 29,89) + (4 \\
 &\quad \times 2,09) + (2 \times 46,43) + (3 \times 133,22) + (3 \times (- \\
 &\quad 133,22)) \\
 &= -76,45 + (-330,24) + (89,67) + (8,36) + \\
 &\quad (92,86) + (399,66) + (-396,66) \\
 &= \mathbf{-212,8 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Alkyd Resin} &= (1 \times (-43,96)) + (16 \times 8,42) + (3 \times 58,36) + (4 \times \\
 &\quad 11,30) + (2 \times 54,05) + (3 \times (-120,50)) + (3 \times (-105)) \\
 &= -43,96 + 134,72 + 175,08 + (45,2) + (108,1) + (- \\
 &\quad 361,5) + (-315) \\
 &= \mathbf{-257,36 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

➤ **Energi berdasarkan penggunaan Polioli Gliserol**

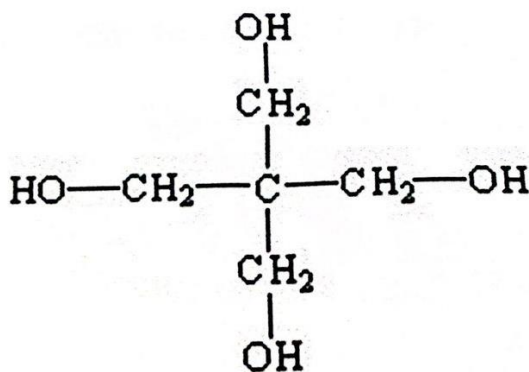
Reaksi b

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0 \text{f Berdasarkan Gliserol} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} && (21) \\
 &= [\text{AH (Di-Alkyd Resin + Mono-Alkyd} \\
 &\quad \text{Resin + Water)}] - [\text{AH (Diglycerides +} \\
 &\quad \text{Monoglycerides + Phtalic Anhydride)}] \\
 &= [-421,32 + -212,8 + (3 \times -285,8)] - [\\
 &\quad 1.459,92 + -732,1 + (3 \times 827,46)] \\
 &= \mathbf{-1781.88 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Berdasarkan Gliserol} &= \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}} && (22) \\
 &= [\text{AG (Di-Alkyd Resin + Mono-Alkyd} \\
 &\quad \text{Resin + Water)}] - [\text{AG (Diglycerides +} \\
 &\quad \text{Monoglycerides + Phtalic Anhydride)}] \\
 &= [(-798,68 + -257,36 + (3 \times -237,13))] - [\\
 &\quad 960,08 + -338,06 (3 \times + (3 \times 861,28))] \\
 &= \mathbf{-3053.15 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

3. Berdasarkan penggunaan Polioli (Poli Basic Alkohol) jenis Pentaerythritol [C₅H₁₂O₂], maka:

a. Pentaerythritol [C₅H₁₂O₂]



Gambar 2.5. Struktur Kimia Pentaerythritol

Tabel 2.22. Kontribusi gugus fungsi untuk energy pantaerytritol

Gugus	ΔH_f^0 (kJ/mol)	ΔH^0 (kJ/mol)	Jumlah (n _i)
-OH	-208.04	-189,20	4
>CH ₂	-20,64	8,42	5
>C<	82,23	116,02	1

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ Pentaerytritol} &= (4 \times (-208.04)) + (5 \times -20,64) + (1 \times 82,23) \\
 &= (-832,16) + (-103,2) + 82,23 \\
 &= \mathbf{-832,49 \text{ kJ/mol}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Pentaerytritol} &= (4 \times (-189.20)) + (5 \times 8,42) + (1 \times 116,02) \\
 &= -756,8 + 42,1 + 116,02 \\
 &= \mathbf{-607,1 \text{ kJ/mol}}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.23. Konstanta untuk Cp Pantaerythritol

A	B	C	D
694,7800000000	-3,7257000000	0,0068222100	0,0000103410

Sumber : (Yaws, 1999)

$$\Delta H = \int C_p Dt = \int (A + B T + C T^2 + D T^3) dT \quad (19)$$

$$\Delta H = A T + \left(\frac{B}{2}\right) T^2 + \left(\frac{C}{3}\right) T^3 + \left(\frac{D}{4}\right) T^4 \Big|_{t_1}^{t_2} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \int C_p dt &= 269544,4728 \text{ J/mol} \\ &= \mathbf{269,5444728 \text{ kJ/mol}} \end{aligned}$$

b. Digliserida [2 C₁₈H₃₆O₄]

Tabel 2.24. Kontribusi gugus fungsi untuk energy Digliserida

Gugus	ΔH^0_f (kJ/mol)	ΔH^0 (kJ/mol)	Jumlah (ni)
-CH ₃	-76,45	-43,96	1
=CH ₂	-20,64	8,42	15
=CO-	133,22	-120,50	1
>C<	82,23	116,02	1
-OH	-208,04	-189,2	3

Sumber : (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ Digliserida} &= 2[(1x(-76,45))+(15x(-20,64)) + (1x133,22) \\
 &\quad +(1x82,23) +(3x(-208,04))] \\
 &= 2[-43,96 + 126,3 + (-120,50) + 116,02 + (-567,6)] \\
 &= 2 \times (-489,74) \\
 &= -979,48 \text{ kJ/mol K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Digliserida} &= 2 [(1 \times (-43,96)) + (15 \times 8,42) + (-120,50) + (1 \times \\
 &\quad 116,02) + (1 \times (-189,2)) = 2[-43.96 + 126.3 + (\\
 &\quad 120.50) + 116.02 + (-567,6)] \\
 &= 2 \times (-489,74) \\
 &= -979,48 \text{ kJ/mol K}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.25. Kontribusi gugus fungsi untuk C_p Digliserida

Gugus	Kapabilitas Panas (J/mol K)				
	273 K	298 K	323 K	348 K	373 K
=CH ₃	40	41,6	43,5	45,8	48,3
-CH ₂ -	27,6	28,2	29,1	29,9	31
=CO-	42,7	43,5	44,4	45,2	46
>C<	84	84	84	84	
-OH	33,5	43,9	52,3	61,7	71,1

Sumber : (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ Digliserida} &= 2[(1x(41,6)) + (15x(28,2)) + (1x43,5)+ (1x8,4) + \\
 &\quad (3x43,9)] \\
 &= 2[41,6 + 423 + 43,5 + 8,4 + 131,7] \\
 &= 1.296, \text{J/m} = \mathbf{1,2964 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

c. Monogliserida [C₂₁H₄₀O₄]

Tabel 2.26. Kontribusi gugus fungsi untuk energ Monogliserida

Gugus	ΔH^0_f (kJ/mol)	ΔH^0 (kJ/mol)	Jumlah (n _i)
-CH ₃	-76,45	-43,96	1
=CH ₂	-20,64	8,42	14
=CH-	29,89	58,36	3
-CO-	133,22	-120,50	1
-O- (nonring)	-132,22	-105	1
-OH	-208,04	-189,2	2

Sumber : (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_f \text{ Monogliserida} &= (1 \times (-76,45)) + (14 \times (-20,64)) + (3 \times 29,89) \\
 &\quad + (1 \times 133,22) + (1 \times (-132,22)) + (2 \times (- \\
 &\quad 208,04)) = -76.45 + (-288.96) + 89.67 + 133.22 \\
 &\quad + (-132,22) + (-416,08) \\
 &= \mathbf{-690.82 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 \text{ Monogliserida} &= (1 \times (-43,96)) + (14 \times 8,42) + (3 \times 58,36) \\
 &= + (1 \times (-120,50)) + (1 \times (-105)) + (2 \times -189,2) \\
 &= -43.96 + 117.88 + 175.08 + (-120.5) + (-105) + \\
 &\quad (-378,4) \\
 &= \mathbf{-354.9 \text{ kJ/mol}}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.27 Kontribusi gugus fungsi untuk Cp Monogliserida

Gugus	Kapabilitas Panas (J/mol K)				
	273 K	298 K	323 K	348 K	373 K
=CH ₃ -	40	41,6	43,5	45,8	48,3
-CH ₂ -	27,6	28,2	29,1	29,9	31
-CH-	23,8	24,9	25,7	26,6	28
=CO-	42,7	43,5	44,4	45,2	46
-O- (non ring)	29,3	29,7	30,1	30,5	31
-OH	33,5	43,9	52,3	61,7	71,1

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \text{Cp Monogliserida} &= (1 \times 41,6) + (14 \times 28,2) + (3 \times 24,9) \\
 &\quad + (1 \times 43,5) + (1 \times 29,7) + (2 \times 43,9) \\
 &= 41,6 + 394,8 + 74,7 + 43,5 + 29,7 + 87,8 \\
 &= 672,1 \text{ J/mol K} \\
 &= \mathbf{0,6721 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

➤ **Energi berdasarkan penggunaan Polioliol Pentaerythritol**

Reaksi a

$$\begin{aligned}
 \Delta H^{\circ} f \text{ berdasarkan Pentaerythritol} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \quad (21) \\
 &= [\Delta H (\text{Digliserida} + \text{Monogliserida})] \\
 &\quad - [\Delta H (\text{Trigliserida} + \\
 &\quad \text{Pentaerythritol})] \\
 &= [1.589,44 + -690,82] - [-492,19 + \\
 &\quad 853,13]
 \end{aligned}$$

$$= -123.09 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^\circ \text{ berdasarkan Pentaerythritol} = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} &= [\Delta G (\text{Digliserida} + \\ &\quad \text{Monogliserida})] - [\Delta G \\ &\quad (\text{Trigliserida} + \text{Pentaerythritol})] \\ &= [-979,48 + -354,9] - [(-107,94) \\ &\quad + (2 \times -598,68)] \\ &= -12,24 \text{ kJ/mol K} \end{aligned}$$

d. Alkyd Resin

Ada 3 mol Alkyd Resin yang terbentuk dengan 2 diantaranya memiliki struktur kimia yang sama, sedangkan yang lainnya berbeda.

a. Alkyd Resin (2 molekul yang sama) : [2 C₂₇H₄₀O₆]

Tabel 2.28. Kontribusi gugus fungsi untuk energi Alkyd Resin (2 molekul yang sama)

Gugus	ΔH_f° (kJ/(mol))	ΔG° (Kj/mol)	Jumlah (n _i)
-CH ₃	-76,45	-43,96	1
-CH ₂ -	-20,64	8,42	15
=CH – (ring)	2,09	11,30	4
=C<(ring)	46,43	54,05	2
>C<	82,23	116,02	1
=CO-	133,22	-120,50	3

-O- (nonring)	-132,22	-105	2
-OH	-208,04	-189,2	1

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^{\circ}_f \text{ Alkyd Resin} &= 2 [(1 \times (-76,45)) + (15 \times (-20,64)) + (4 \times 2,09) + \\
 &\quad (2 \times 46,43) + (1 \times 82,23) + (3 \times 133,22) + (2 \times (- \\
 &\quad 132,22) + (1 \times (-208,04))] \\
 &= 2 [-76,45 + (-309,6) + 8,36 + 92,86 + 82,23 + \\
 &\quad (399,66) + (-264,44) + (-208,04)] \\
 &= 2 \times (-275,42) \\
 &= \mathbf{-550,84 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^{\circ} \text{ Alkyd Resin} &= 2 [(1 \times (-43,96)) + (15 \times 8,42) + (4 \times 11,30) + (2 \times \\
 &\quad 54,05) + (1 \times 116,02) + (3 \times (-120,50)) + (2 \times (- \\
 &\quad 105) + (3 \times (-189,2))] \\
 &= 2 [-43,96 + 126,3 + 45,2 + 108,1 + 116,2 + (- \\
 &\quad 361,5) + (-210 + 189,2)] \\
 &= 2 \times (-409,04) \\
 &= \mathbf{-816,08 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.29. Kontribusi Gugus Fungsi untuk Cp Alkyd Resin
(2 molekul yang sama)

Gugus	Kapasitas Panas (J/mol K)				
	273 k	298 K	323 K	348 K	373 K
-CH ₃ -	40	41,6	43,5	45,8	48,3
-CH ₂ -	27,6	28,2	29,1	29,9	31
=CH – (ring)	23,8	24,9	25,7	26,6	28
=C<(ring)	8,4	8,4	8,4	8,4	
>C<	8,4	8,4	8,4	8,4	
=CO-	42,7	43,5	44,4	45,2	46
-O- (nonring)	29,3	29,7	30,1	30,5	31
-OH	33,5	43,9	52,3	61,7	71,1

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \text{Cp Alkyd Resin} &= 2 [(1 \times 41,6) + (15 \times 28,2) + (4 \times 24,9) + (2 \times \\
 &8,4) + (1 \times 8,4) + (3 \times 43,5) + (2 \times (29,7) + (1 \times \\
 &43,9)] \\
 &= 2 [41,6 + 423 + 99,6 + 16,8 + 8,4 + 130,5 \\
 &+ 59,4 + 43,9] \\
 &= 1646,4 \text{ J/mol K} \\
 &= \mathbf{1,6464 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

b. Alkyd Resin (1 molekul yang berbeda) : [C₂₇H₃₈O₅]

Tabel 2.30. Kontribusi gugus fungsi untuk energi Alkyd

Resin (1 molekul yang berbeda)

Sumber: (Reid,1987)

Gugus	ΔH^0_f (kJ/(mol))	ΔG^0 (Kj/mol)	Jumlah (ni)
-CH ₃	-76,45	-43,96	1
-CH ₂	-20,64	8,42	14
=CH-	29,89	58,36	3
=CH- (ring)	2,09	11,30	4
=C< (ring)	46,43	54,05	2
=CO-	133,22	-120,50	3
-O- (nonring)	-132,22	-105	3

$$\Delta H^0_f \text{ Alkyd Resin} = (1 \times (-76,45)) + (14 \times (-20,64)) + (3 \times 29,89)$$

$$+ (4 \times 2,09) + (2 \times 46,43) + (3 \times 133,22) + (3 \times (-133,22))$$

$$= -76,45 + (-288,96) + (89,67) + (8,36) + (92,86) + (399,66) + (-396,66)$$

$$= \mathbf{-171,52 \text{ kJ/mol K}}$$

$$\Delta G^0 \text{ Alkyd Resin} = (1 \times (-43,96)) + (14 \times 8,42) + (3 \times 58,36)$$

$$+ (4 \times 11,30) + (2 \times 54,05) + (3 \times (-120,50))$$

$$+ (3 \times (-105))$$

$$= -43,96 + 117,88 + 175,08 + (45,2) + (108,1)$$

$$+ (-361,5) + (-315)$$

$$= \mathbf{-274,2 \text{ kJ/mol K}}$$

Tabel 2.31. Kontribusi gugus fungsi untuk Cp Alkyd Resin**(1 molekul yang berbeda)**

Gugus	Kapasitas Panas (J/mol K)				
	273 K	298 K	323 K	348 K	373 K
=CH ₃ -	40	41,6	43,5	45,8	48,3
-CH ₂ -	27,6	28,2	29,1	29,9	31
=CH-	23,8	24,9	25,7	26,6	28
=CH- (ring)	23,8	24,9	25,7	26,6	28
=C< (ring)	8,4	8,4	8,4	8,4	
=CO-	42,7	43,5	44,4	45,2	46
-O- (non ring)	29,3	29,7	30,1	30,5	31

Sumber: (Reid,1987)

$$\begin{aligned}
 \text{Cp Alkyd Resin} &= (1 \times 41,6) + (14 \times 28,2) + (3 \times 24,9) \\
 &+ (4 \times 24,9) + (2 \times 8,4) + (3 \times 43,5) \\
 &+ (3 \times 29,7) \\
 &= 41,6 + 394,8 + 74,7 + 99,6 + 16,8 + 130,5 + 89,1 \\
 &= 847,1 \text{ J/mol K} \\
 &= \mathbf{0,8471 \text{ kJ/mol K}}
 \end{aligned}$$

➤ **Energi berdasarkan penggunaan Polioliol Pentaerythritol**

Reaksi b

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f \text{ berdasarkan Pentaerythritol} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \quad (21) \\
 &= [\text{AH (Di-Alkyd Resin} \\
 &\quad + \text{Mono-Alkyd Resin + Air) }]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - [\text{AH (Digliserida + Monogliserida} \\
 & \quad + \text{Phtalic Anhydride) }] \\
 & = [-550,84 + -171,52 + (3 \times -285,8)] \\
 & \quad - [-1.589,44 + -690,82 + (3 \times \\
 & \quad 827,46)] \\
 & = -1.870,12 \text{ kJ/mol K}
 \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ \text{ berdasarkan Pentaerythritol} = \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}} \quad (22)$$

$$\begin{aligned}
 & = [\text{AG (Di-Alkyd Resin + Mono-} \\
 & \quad \text{Alkyd Resin + Air)] - [\Delta G \\
 & \quad \text{(Digliserida + Monogliserida+} \\
 & \quad \text{Phtalic Anhydride)} \\
 & = [-818,08 + -274,2 + (3 \times -237,13)] \\
 & \quad - [-979,48 + -354,9 + (3 \times 861,28)] \\
 & = -215,09 \text{ kJ/mol K}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.32 Perbandingan Kondisi Operasi Dengan Menggunakan Polioli Gliserol dan Pentaerythritol

Parameter	Polioli Gliserol	Polioli Pentaerythritol
Harga Bahan Baku	0,9 \$	1,6 \$
Sumber Bahan Baku	PT. Cisadane Raya Chemical, Indonesia	Impor
Ekonomi Potensial	1,436 \$/kg	1,235 \$/kg
Jenis Reaksi	Eksotermis	Eksotermis
Konversi	92 %	87 %
ΔH^0_f (kJ/mol) (1)	-428,81	-123,09

ΔH^0_f (kJ/mol) (2)	-1781,88	-1870,12
ΔG^0 (kJ/mol) (1)	-205,4	-12,24
ΔG^0 (kJ/mol) (2)	-3.053,13	-215,09

Dari uraian di atas, dapat kita simpulkan bahwa poliol yang akan digunakan dalam proses ini adalah gliserol dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Harga gliserol yang lebih murah dari pentaerythritol
2. Gliserol tersedia di Indonesia, sedangkan untuk mendapatkan pentaerythritol harus impor dari luar negeri. Hal ini akan menambah biaya transportasi bahan baku yang lebih mahal dan mengurangi keuntungan produksi.
3. Konversi reaksi proses produksi menggunakan gliserol lebih besar.

2.6. Uraian Proses Pembuatan Alkyd Resin

2.6.1. Tahap Alkoholisis

Proses alkoholisis merupakan proses pembentukan monogliserida yang dihasilkan dari proses pemutusan rantai poli basic acid berupa trigliserida (CPO) oleh poliol gliserol. Dalam proses ini, minyak kelapa sawit (CPO) dan gliserol dimasukkan kedalam reaktor alkoholisis yang sebelumnya telah dipanaskan di heat exchanger sampai temperatur 260 °C. Proses dijaga pada suhu konstan sehingga terbentuk monogliserida (Onukwuli OD dan Emeka 2015).

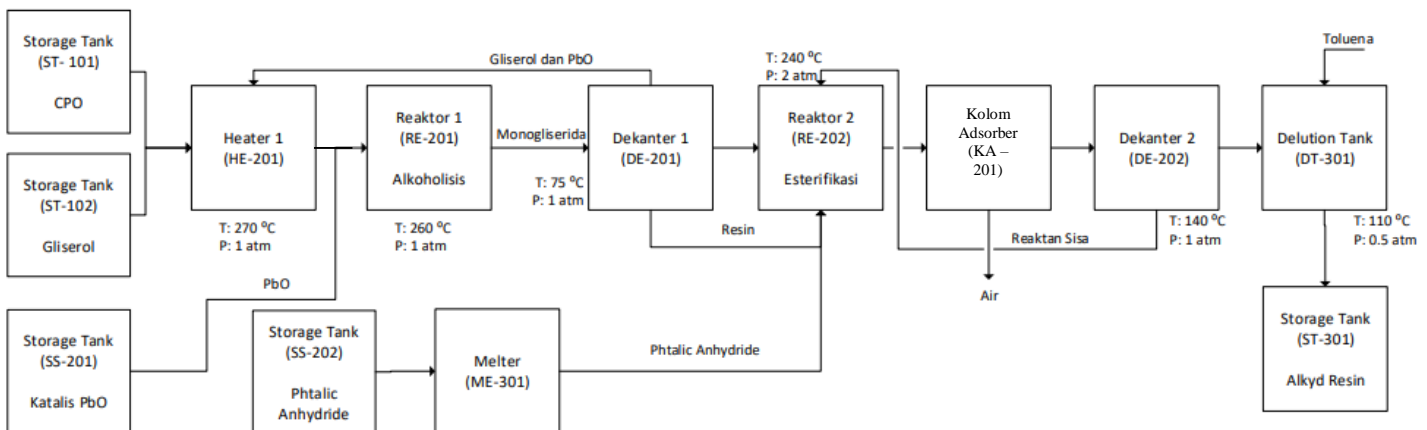
Setelah monogliserida terbentuk sempurna temperatur diturunkan menjadi 75 °C untuk dilakukan pemisahan produk hasil reaksi dan reaktan sisa yang tidak bereaksi, pemisahan dilakukan menggunakan dekanter dua fasa, sehingga diperoleh produk atas berupa produk monogliserida dan trigliserida sisa reaksi dan produk tengah berupa gliserol sisa. Produk tengah dan produk bawah dikembalikan ke reaktor alkoholisis sebagai recycle feed.

2.6.2. Tahap Esterifikasi

Produk hasil reaksi alkoholisis yang telah dipisahkan berupa monogliserida yang dimasukkan bergandengan dengan trigliserida dinaikan temperaturnya sampai 240 °C sebelum dimasukan ke reaktor kedua yaitu reaktor esterifikasi. Bersamaan dengan itu phtalic anhydride yang sudah dipanaskan kedalam reaktor esterifikasi untuk di reaksi dengan monogliserida membentuk alkyd resin.

Alkyd resin yang keluar dari reaktor mengandung air, dimasukan ke dalam kolom adsorber untuk menghilangkan kandungan air menggunakan adsorben Molecular Sieve 3A. Setelah air diadsorp, produk alkyd resin yang terbentuk dan sisa reaktan diturunkan temperaturnya hingga 75 °C, selanjutnya dimasukan ke dalam dekanter untuk dipisahkan dari reaktan sisa.

Kemudian resin diencerkan dengan solvent di dalam dilution tank supaya lebih encer (solvent yang digunakan untuk mengencerkan resin adalah toluen) sehingga resin tersebut dapat mengalir pada suhu kamar agar penanganannya lebih mudah. Resin yang telah diencerkan kemudian di cek spesifikasinya kalau sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka sebagian resin di transfer menuju tangki penyimpanan dan siap untuk dijual.

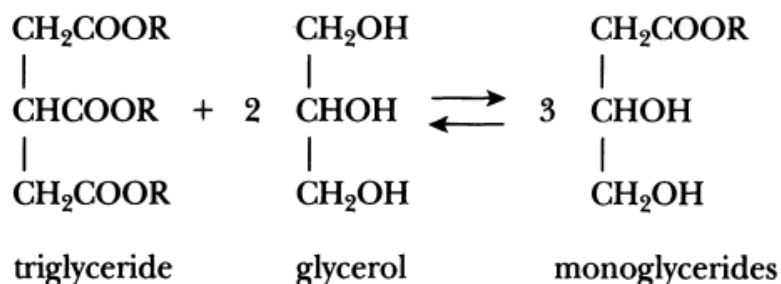


Gambar 2.6 Diagram Alir Proses Produksi Alkyd Resin dari CPO

2.7. Tinjauan Kinetika Reaksi

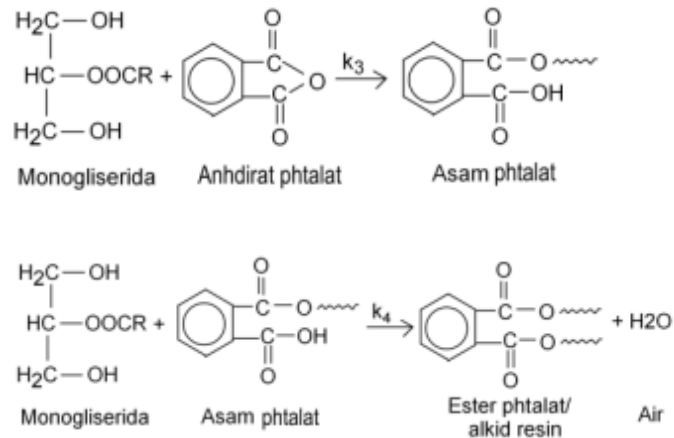
Persamaan reaksi kimia:

Reaksi Alkoholisis:



Trigliserida + Gliserol \rightarrow Monogliserida

Reaksi Esterifikasi:



Kinetika reaksi dari (Heriyanto *et al.* 2013):

$$r_{EP} = k_1 \cdot C_{OH} \cdot C_{PA}$$

$$r_{EP} = -r_{OH} = -r_{PA} = k_1 \cdot C_{OH} \cdot C_{AP}$$

$$-r_A = k_1 \cdot C_{OH} \cdot C_{AP}$$

Keterangan:

$-r_{EP}$ = laju pengurangan asam phtalat persatuan waktu, kmol/m³.jam

k = konstanta laju reaksi, m³/ kmol.jam

C_{OH} = konsentrasi monogliserida sisa, kmol/m³

C_{PA} = konsentrasi phtalic anhydride sisa, kmol/m³

Heriyanto, dkk (2011), dapat diketahui konstanta laju reaksi untuk proses

Alkoholisis sebagai berikut:

$$T_{operasi} = 260^\circ C = 523 K$$

$$R = 8,314 J/mol.k$$

$$k_1 = 1,46 \times 10^4 \left(\frac{\text{liter}}{\text{mol menit}} \right) \exp \left(- \frac{8237,7 \text{ kal/mol}}{513 \text{ K} \times 1,98 \text{ kal/mol K}} \right)$$

$$k_1 = 4,38 \text{ (liter/mol.menit)}$$

$$k_1 = \mathbf{0,04 \text{ (m}^3\text{/kmol.menit)}}$$

Sedangkan untuk proses Esterifikasi, konstanta laju reaksinya adalah sebagai berikut:

$$T_{\text{operasi}} = 240^\circ\text{C} = 513 \text{ K}$$

$$R = 8,314 \text{ J/mol.k}$$

$$k_1 = 2,13 \times 10^9 \left(\frac{\text{liter}}{\text{mol menit}} \right) \exp \left(- \frac{14142 \text{ kal/mol}}{523 \text{ K} \times 1,98 \text{ kal/mol K}} \right)$$

$$k_1 = 2496,74 \text{ (liter/mol.menit)}$$

$$k_1 = \mathbf{24,96 \text{ (m}^3\text{/kmol.menit)}}$$

BAB III
SPEKIFIKASI DAN BAHAN BAKU PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Penunjang

3.1.1. CPO (Trigliserida)

Rumus Molekul	: $C_{47}H_{88}O_6$
Berat Molekul	: 784,940 kg/kmol
Densitas	: 952 kg/m ³
Titik Beku	: 18-20 °C
Titik Didih	: 298 °C
Komposisi	: Trigliserida 95%, ALB 3%, Pospatida 0,1%, Gosipol 0,57%, Air 0,5%, Hidrokarbon 0,01%, Impurity 0,2%, Karoten 0,3%, solid 0,02%, dan protein 0,3%
Bentuk	: Liquid (pada suhu kamar)

3.1.2. Gliserol

Rumus Molekul	: $C_3H_8O_6$
Berat Molekul	: 90,92 kg/kmol
Densitas	: 1,26 g/cm ³
Titik Leleh	: 17,8 °C

Titik Didih	: 290 °C
Sifat Fisik	: Liquid
Kemurnian	: 99,99 dan 0,01% air

3.1.3. Phthalic Anhydride

Rumus Molekul	: $C_8H_4(CO)_2O$
Berat Molekul	: 148,12 kg/kmol
Densitas	: 1,2270 g/cm ³
Titik Leleh	: 131,16 °C
Titik Didih	: 295 °C
Sifat Fisik	: Putih, serbuk kristal
Kemurnian	: 99% dan 1% air

3.1.4. Toluena

Rumus Molekul	: $C_6H_5CH_3$
Berat Molekul	: 92,14 kg/kmol
Densitas	: 866 g/cm ³
Titik Leleh	: -47,5 °C
Titik Didih	: 137,2 °C – 140,5 °C
Sifat Fisik	: Cairan bening, larut dalam alkohol dan ester
Kemurnian	: 95 - 100%

3.1.5. Lead Oxide

Rumus Molekul	: PbO
---------------	-------

Berat Molekul	: 90 kg/kmol
Densitas	: 9,53 g/cm ³
Titik Leleh	: 470 °C
Titik Didih	: 888 °C
Sifat Fisik	: Kristal tidak berwarna
Kemurnian	: 99-100%

3.1.6. Molecular Sieve Zeolite 3A

Densitas	: 44-46 g/cm ³
Kapasitas Adsorpsi	: 22%
Sifat Fisik	: Kristal
Kekuatan	: 10 lb
Ukuran Pori	: 0,3 nm
Keasaman/pH	: 10,5
Kemurnian	: 100%

3.1.7. Natrium Hidroksida

Rumus Kimia	: NaOH
Berat Molekul	: 40,0 kg/kmol
Densitas	: 2,13 g/cm ³
Titik Leleh	: 318 °C
Titik Didih	: 1.388 °C
Keasaman/pH	: 13-14 dalam larutan jenuh
Sifat Fisik	: Serbuk putih

Kemurnian : 99 - 100%

3.1.8. Asam Fosfat

Rumus Kimia : H_3PO_4
 Berat Molekul : 98,0 kg/kmol
 Densitas : 1,65 – 1,83 g/cm³
 Titik Leleh : 42,35 °C
 Titik Didih : 158 °C
 Keasaman/pH : 1-2 dalam larutan jenuh
 Sifat Fisik : Cairan bening tidak berwarna
 Kemurnian : 98 - 100%

3.2. Spesifikasi Produk

3.2.1. Alkyd Resin

Rumus Kimia : $2C_{24}H_{34}O_6$
 Berat Molekul : 490 kg/kmol
 Densitas : 1.190 kg/m³
 Viskositas : $0,494 \times 10^{-3}$ (7-10 poise)
 Boiling Point : 260 °C
 Panas Spesifik : 0,915 kal/g °C
 Bilangan Asam : 5 – 10 mg KOH/g resin
 Warna : pH 5 – 8 (warna kuning kecoklatan)

Kecerahan : Jernih
Fasa : Liquid
Komposisi : 95% alkyd resin dan 5% toluen

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Alkyd Resin dari Minyak Kelapa Sawit dan Gliserol dengan Kapasitas 30.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 14,84 % dan sesudah pajak 11,87 %.
2. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2,92 tahun dan sesudah pajak 3,8 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 38,60% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 22,86 %, yakni batasan kapasitas produksi 20 – 30% sehingga pabrik masih dapat berproduksi karena mendapat keuntungan.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 69,9%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2. Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas, Prarancangan Pabrik Alkyd Resin dari Minyak Kelapa Sawit dan Gliserol dengan Kapasitas 30.000 ton/tahun diharapkan segera dicarikan investor untuk didirikan karena memiliki potensi yang cukup baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidha NN, Jati BN. 2017. Komparasi Kualitas Cat Alkid Menggunakan Pelarut Pelarut Di Industri Cat. *J. Kim. dan Kemasan*. 39(2):87–94.
- Aries, R.S., and Newton, R.d., 1995, "Chemical Engineering Cost Estimation", McGraw Hill Company, New York
- Bachus, L and Custodio, A. 2003. Know and Understand Centrifugal Pumps.
- Bachus Company, Inc. Oxford: UK.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. Introduction to Chemical Engineering. McGraw Hill : New York.
- bpsdm.pu.go.id diakses pada 09 September 2023
- Brown, G.George. 1950. Unit Operation 6ed. Wiley & Sons; USA. Brown.G.George., 1956, Unit Operation 6ed, Wiley & Sons, USA.
- Brownell.L.E. and Young.E.H., 1979, Process Equipment Design 3ed, John Wiley& Sons, New York.
- Brownell.L.E. and Young.E.H, 1959, Process Equipment Design 3ed, John Wiley& Sons, New York.

Cheremisinoff, N.P. 2002. Handbook of Water and Wastewater Treatment

Technologies. Butterworth-Heinemann: USA

Coulson.J.M. and Ricardson.J.F., 1989, Chemical Engineering vol 6, Pergamon Press Inc, New York

Coulson.J.M. and Ricardson.J.F., 1983, Chemical Engineering vol 6, Pergamon Press Inc, Oxford

Elliott WT. 2018. Alkyd Resins. Chem. Resist.

Thermosets.:1006–1014.doi:10.1016/b978-0-12-814480-0.00007-7.

Erickson DR. 1995. Degumming and Lecithin Processing and Utilization. AOCS Press.

E Patent CN107033311A. Toluene di-isocyanate (TDI) modified alkyd resin and preparation method. Agustus 2017.

Environment and Natural Resources Research Vol. 3 No.3. ISSN 1927-0488.

Formation and Characterization of Paint Based on Alkyd Resin Derivative of Ximenia Americana (Wild Olive) Seed Oil. 2013

Fogler, S. 1965. Elements of Chemical Reaction Engineering. New Jersey: Prentice Hall, Inc.

Fogler, H.S., 1999, Elements of Chemical Reaction Engineering, 3rd edition, Prentice Hall P.T.R, New Jersey

Geankoplis, Christie J. 1993. Transport Processes and Unit Operations 3 rd edition. Prentice Hall : New Jersey.

Heilig ML. 1994. United States Patent Office. ACM SIGGRAPH Comput. Graph.

28(2):131–134.doi:10.1145/178951.178972.

Heriyanto H, Budiman A, Kimia JT, Teknik F, Sultan U, Tirtayasa A, Kimia JT, Teknik F, Mada UG. 2013. Kinetika Reaksi Alkyd Resin Termodifikasi Minyak Jagung dengan Asam Phtalat Anhidrat. J. Rekayasa Proses. 5(1):1–9.

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

Hougen, Olaf A., Watson, Kenneth M. 1947 .“Chemical Process Principles”. New York : John Wiley & Sons, Inc

<https://www.bps.go.id>, diakses pada 13 April 2023

<https://www.bi.go.id/id/statistik/informasi-kurs/transaksi-bi/kalkulator-kurs.aspx>, diakses pada 10 Oktober 2023

<https://kemenperin.go.id/direktori-perusahaan?what=cat&prov=35>, diakses pada 13 April 2023

<http://www.matche.com>, diakses tanggal 01 Oktober 2023.

<http://www.chemengonline.com/pci/>, diakses tanggal 01 Oktober 2023

Igbo UE, Igwe CC, Akubueze E, Ishiola OR, Odusote AO, Oyewole AO. 2014. Utilisation of Beniseed Oil for the Production of Alkyd Resin. IOSR J. Appl. Chem. 7(5):104–106.doi:10.9790/5736-0753104106.

IOSR Journal of Applied Chemistry No. 2278-5736. Utilisation of Beniseed Oil For The Production of Alkyd Resin. Mei 2014.

Indonesia. Undang-Undang Republik Indonesia, UU No. 41 Tahun 1999 Pada pasal 15 ayat 2, Tentang Larangan Praktek Monopoli Dan Persaingan Usaha Tidak Sehat.

Joshi, M.V. 1987. Process Equipment Design

Kern.D.Q., 1983, Process Heat Transfer, McGraw-Hill Book Company, New York.

Kern.D.Q., 1965, Process Heat Transfer, McGraw-Hill Book Company, New York.

Levenspiel,O,1999, “Chemical Reaction Engineering”, 3rd edition. John Wiley

Lin CY, Ma L. 2021. Comparison of water-removal efficiency of molecular sieves vibrating by rotary shaking and electromagnetic stirring from feedstock oil for biofuel production. Fermentation. 7(3).doi:10.3390/fermentation7030132. and Sons : New York

- Ludwig E. Ernest., 1984, Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants vol II, Gulf Publishing Company, Houston.
- McCabe, W. L. & Smith, J. M., 1999. Unit Operation of Chemical Engineering, 4 th ed., McGraw Hill Book Company, Singapore.
- McCabe W.L. and Smith J.C., 1985, Operasi Teknik Kimia, Erlangga, Jakarta.
- Megyesy.E.F., 1983, Pressure Vessel Handbook, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.
- Missen, R.W., Mims. C.A., &Saville, B. A., 1999, “Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics”, John Wiley and Sons Inc, USA
- Meliana N, Harnesa Putri S, Mardawati E. 2019. Optimasi Kondisi Acid Degumming Pada Proses Produksi Lesitin Dari Cpo. J. Ind. Pertan. 01(03):70–76.
- Moss, Dennis R., 2004. Pressure Vessel Design Manual 3rd Edition. Elsevier Publishing Inc., USA
- Onukwuli OD UC, Emeka M. 2015. Kinetics of Castor Oil Alkyd Resin Polycondensation Reaction. J. Chem. Eng. Process Technol. 06(04).doi:10.4172/2157-7048.1000240.
- Peter, M.S., and Timmerhans, E.D., 1980, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 3rded., Mc Graw Hill Book Company, Singapore.

- Peter.M.S. and Timmerhause.K.D, 1991, Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3ed, McGraww-Hill Book Company, New York.
- Perry.R.H. and Green.D, 1997, Perry’s Chemical Engineer Handbook 7th ed , McGraw-Hill Book Company, New York.
- Perry.R.H. and Green.D, 1973, Perry’s Chemical Engineer Handbook 5th ed , McGraw-Hill Book Company, New York.
- Powell, S.T., 1954, “Water Conditioning for Industry”, McGraw-Hill Book Company, Tokyo.
- Putri DO, Mardawati E, Putri SH, Frank D. 2019. Perbandingan Metode Degumming CPO (Crude Palm Oil) terhadap Karakteristik Lesitin yang Dihasilkan. J. Ind. Pertan. 1(3):88–94.
- Reid, C., Prausnitz, J.M. 1987. The Properties of Gases and Liquids. Ed. 4th. Mc Graw-Hill. New York.
- Rase, H.F., 1977, Chemical Reactor Design for Process Plant, John Willey and Sons Inc., New York.
- Richard D., O’Brien., Fat and Oil., New York: CRC Press., 2009
- Research Journal in Engineering and Applied Sciences No. 2276-8467.
Synthesis and Characterization of Palm Oil Based Air Drying Alkyd Resin For Surface Coating. 2013.

Ronald W. Rousseau. 1987. Handbook of Separation Process Technology. John Wiley and Sons Inc., New York

Sandler, S. R., 1994. Polymer Syntheses, second ed.,157-187, Academic Press, Inc., California.

S. Ketaren. (1986). Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan, Jakarta : UI Press

Smith. J.M. and Van Ness. H. C., 2001, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 6th , McGraww-Hill Inc, New York.

Swern, D. 1979. Bailey's Industrial Oil and Fat Product. New York: John Willey and Sons, Interscience Publication.

United States Patent No. 3.586.653 A. Process of Manufacturing Alkyd Resins From Unsaturated Fatty Acid, Phthalic Anhydrides and Glycidol. Juni 1971.

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

Van Gerpen J. 2005. Biodiesel processing and production. Fuel Process. Technol.

86(10):1097–1107.doi:10.1016/j.fuproc.2004.11.005.

Wallas. S.M., 1988, Chemical Process Equipment, Butterworth Publishers, Stoneham USA.

Walas, S.M., 1990. Chemical Process Equipment. 3rd ed. Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering, USA.

www.atbbatam.com diakses pada 09 September 2023

www.ocw.ui.ac.id diakses pada 09 September 2023

www.jurnal.um-palembang.ac.id. diakses pada 09 September 2023

www.water.me.vccs.edu, diakses pada 13 September 2023

www.icispricing.com, diakses pada 20 April 2023

Yaws, C.L., 1999, Chemical Properties Handbook, Mc Graw Hill Book Co., New York