

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN METIL ESTER SULFONATE
BERBAHAN BAKU MINYAK KELAPA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mengikuti
Ujian Sarjana Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh

**M. FABIAN MERDEKA 03031182025026
DWI RETNO WAHYUNINGSIH 03031282025040**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN

PABRIK PEMBUATAN METIL ESTER SULFONATE

BERBAHAN BAKU MINYAK KELAPA KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

**diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana**

Oleh:

M. Fabian Merdeka 03031182025026

Dwi Retno Wahyuningsih 03031282025040

Indralaya, November 2024

Pembimbing,



Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng

NIP. 195910191987111001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



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



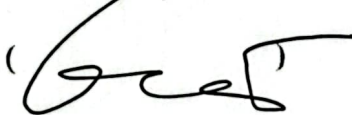
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metil Ester Sulfonate Berbahan Baku Minyak Kelapa Kapasitas 50.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh M. Fabian Merdeka dan Dwi Retno Wahyuningsih dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 18 November 2024.

Indralaya, November 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Nina Haryani, S.T., M.T.
NIP. 198311152008122002
2. Prof. Tuty Emilia Agustina, S.T.,M.T.,Ph.D, IPM
NIP. 197208092000032001
3. Ir. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP. 197503261999032002

()
()
()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Indralaya, November 2024
Pembimbing





Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng
NIP. 195910191987111001

LEMBAR PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

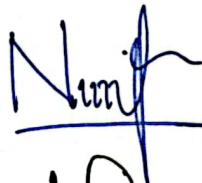


M. Fabian Merdeka	03031182025026
Dwi Retno Wahyuningsih	03031282025040

Judul :

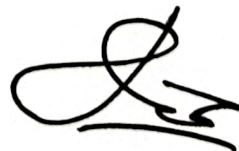
**“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN METIL ESTER
SULFONATE BERBAHAN BAKU MINYAK KELAPA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN”**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 November 2024 oleh Dosen Penguji:

1. Dr. Nina Haryani, S.T., M.T.
NIP. 198311152008122002
2. Prof. Tuty Emilia Agustina, S.T.,M.T.,Ph.D, IPM
NIP. 197208092000032001
3. Ir. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP. 197503261999032002

()
( 23/11)
()

Indralaya, November 2024
Pembimbing



Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng
NIP. 195910191987111001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Fabian Merdeka
NIM : 03031182025026
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metil Ester
Sulfonate Berbahan Baku Minyak Kelapa Kapasitas
50.000 ton/tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Jurusan Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan rekan atas nama Dwi Retno Wahyuningsih didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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

Palembang, ²⁹ November 2024



M. Fabian Merdeka

NIM. 03031182025026



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwi Retno Wahyuningsih
NIM : 03031282025040
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metil Ester
Sulfonate Berbahan Baku Minyak Kelapa Kapasitas
50.000 ton/tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Jurusan Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan rekan atas nama M. Fabian Merdeka didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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

Palembang, 29 November 2024



Dwi Retno Wahyuningsih
NIM. 03031282025040



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metil Ester Sulfonate Berbahan Baku Minyak Kelapa Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”**. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mengikuti ujian sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Tugas akhir ini dapat diselesaikan dikarenakan penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis mengucapkan rasa terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT dengan segala rahmat dan karunia-Nya yang memberikan kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini
2. Kedua orang tua penulis yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk kasih sayang, perhatian, semangat, dan doa yang tiada henti- hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Seluruh dosen dan Staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
7. Teman-teman seperjuangan, yang telah membantu, mulai dari tahap awal tugas akhir hingga penyusunan laporan tugas akhir.

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

Inderalaya, November 2024

Penulis

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN METIL ESTER SULFONATE BERBAHAN BAKU MINYAK KELAPA KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, November 2024

M. Fabian Merdeka dan Dwi Retno Wahyuningsih

Dibimbing oleh Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Metil Ester Sulfonate (MES) Berbahan Baku Minyak Kelapa kapasitas 50.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2029 di daerah Medang Kampai, Kota Dumai, Provinsi Riau dengan perkiraan luas area sebesar 9 Ha. Bahan baku untuk pembuatan MES adalah Metil Laurat dan Sulfur Trioksida. Proses pembuatan MES ini mengacu pada Patent CN112717968A menggunakan proses sulfonasi Metil Laurat dan Sulfur Trioksida. Reaktor yang digunakan adalah tipe *Falling Film Reactor* yang beroperasi pada temperatur 90°C dan tekanan 0,4 atm. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi Lini and Fungsional Staf, dipimpin oleh seorang Direktur Utama dengan total karyawan 322 orang. Berdasarkan analisis ekonomi, pabrik MES ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi yaitu:

- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 69.554.413,57
- *Selling Price per Year* = US \$ 160.945.539,87
- *Total Production Cost (TPC)* = US \$ 121.055.189,05
- *Annual Cash Flow* = US \$ 32.981.798,96
- *Pay Out time (POT)* = 1,9 tahun
- *Rate of return on investment (ROR)* = 40,15 %
- *Discounted Cash Flow –ROR* = 99,63 %
- *Break Even Point (BEP)* = 38,3 %
- *Service Life* = 10 tahun

Kata Kunci: Metil Ester Sulfonate, Minyak Kelapa, Sulfur Trioksida, Sulfonasi,
Falling Film Reactor

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan Proses	2
1.3. Macam Proses Pembuatan Metil Ester Sulfonate	6
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	7
BAB II PERENCANAAN PABRIK	11
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	11
2.2. Penentuan Kapasitas Produksi	13
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	17
2.4. Pemilihan Proses	17
2.5. Tinjauan Termodinamika	18
2.6. Uraian Proses	19
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	22
3.1. Lokasi Pabrik	22
3.2. Tata Letak Pabrik	35
3.3. Luas Area	40
3.4. Pertimbangan Tata Letak Pabrik.....	40

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	41
4.1. Neraca Massa	41
4.1.1. Neraca Massa <i>Mixing Point 01</i> (MP-01)	41
4.1.2. Neraca Massa <i>Vaporizer 01</i> (V-01)	41
4.1.3. Neraca Massa <i>Knock out Drum 01</i> (KOD-01).....	41
4.1.4. Neraca Massa <i>Mixing Point 02</i> (MP-02)	42
4.1.5. Neraca Massa <i>Reactor 01</i> (R-01).....	42
4.1.6. Neraca Massa <i>Knock out Drum 02</i> (KOD-02).....	43
4.1.7. Neraca Massa <i>Mixing Point 03</i> (MP-03)	43
4.1.8. Neraca Massa <i>Mixing Tank 01</i> (MT-01).....	43
4.1.9. Neraca Massa <i>Mixing Point 04</i> (MP-04)	44
4.1.10. Neraca Massa <i>Neutralizer Tank 01</i> (NT-01).....	44
4.1.11. Neraca Massa <i>Vaporizer 02</i> (VP-02)	44
4.1.12. Neraca Massa <i>Knock out Drum 03</i> (KOD-03).....	45
4.1.13. Neraca Massa <i>Distillation Column 01</i> (DC-01)	45
4.1.14. Neraca Massa <i>Condensor 01</i> (CD-01)	45
4.1.15. Neraca Massa <i>Accumulator 01</i> (ACD-01)	46
4.1.16. Neraca Massa <i>Reboiler 01</i> (RB-01).....	46
4.2. Neraca Panas	47
4.2.1. Neraca Panas <i>Mixing Point 01</i> (MP-01)	47
4.2.2. Neraca Panas <i>Vaporizer 01</i> (V-01)	47
4.2.3. Neraca Panas <i>Knock out Drum 01</i> (KOD-01).....	47
4.2.4. Neraca Panas <i>Cooler 01</i> (C-01)	47
4.2.5. Neraca Panas <i>Heater 01</i> (H-01).....	48
4.2.6. Neraca Panas <i>Mixing Point 02</i> (MP-02)	48
4.2.7. Neraca Panas <i>Expander 01</i> (EXP-01).....	48
4.2.8. Neraca Panas <i>Heater 02</i> (H-02).....	48
4.2.9. Neraca Panas <i>Reaktor 01</i> (R-01).....	49
4.2.10. Neraca Panas <i>Knock out Drum 02</i> (KOD-02).....	49
4.2.11. Neraca Panas <i>Cooler 02</i> (C-02)	49
4.2.12. Neraca Panas <i>Mixing Point 03</i> (MP-03)	49

4.2.13. Neraca Panas <i>Heater 03</i> (H-03)	50
4.2.14. Neraca Panas <i>Mixing Tank 01</i> (MT-01).....	50
4.2.15. Neraca Panas <i>Heater 04</i> (H-04)	50
4.2.16. Neraca Panas <i>Neutralizer Tank 01</i> (NT-01).....	50
4.2.17. Neraca Panas <i>Vaporizer 02</i> (VP-02).....	51
4.2.18. Neraca Panas <i>Knock out Drum 03</i> (KOD-03).....	51
4.2.19. Neraca Panas <i>Cooler 03</i> (C-03)	51
4.2.20. Neraca Panas <i>Distillation Column 01</i> (DC-01).....	52
4.2.21. Neraca Panas <i>Reboiler 01</i> (RB-01).....	52
4.2.22. Neraca Panas <i>Condensor 01</i> (CD-01).....	52
4.2.23. Neraca Panas <i>Accumulator 01</i> (ACC-01)	53
4.2.24. Neraca Panas <i>Cooler 04</i> (C-04)	53
4.2.25. Neraca Panas <i>Mixing Point 04</i> (MP-04)	53
4.2.26. Neraca Panas <i>Cooler 05 A</i> (C-05-A).....	53
4.2.27. Neraca Panas <i>Cooler 05 B</i> (C-05-B).....	54
BAB V UTILITAS	55
5.1. Unit Penyediaan Steam	55
5.1.1. <i>Saturated Steam</i>	56
5.1.2. <i>Superheated Steam</i>	57
5.2. Unit Penyediaan Air.....	57
5.2.1. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).....	58
5.2.2. Air Laut	58
5.2.3. Air Proses	59
5.3. Unit Pengadaan Listrik.....	65
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar	71
5.4.1. <i>Liquid Natural Gas</i> (LNG).....	71
5.4.2. Bahan Bakar Bensin dan Solar.....	73
5.5. Unit Pemadam Kebakaran	75
5.6. Unit Penyimpanan atau Gudang	76
5.7. Unit Perbengkelan	77

BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	78
6.1. Tank – 01 (T – 01)	78
6.2. Pump – 01 (P-01)	78
6.3. Tank – 02 (T – 02)	79
6.4. Pump – 02 (P-02)	80
6.5. Vaporizer – 01 (VP – 01).....	81
6.6. Knock out Drum – 01 (KOD-01)	82
6.7. Cooler – 01 (C – 01).....	82
6.8. Heater – 01 (H-01)	83
6.9. Heater – 02 (H-02)	84
6.10. Expander – 01 (EXP-01)	84
6.11. Reaktor – 01 (R-01)	85
6.12. Knock out Drum – 02 (KOD-02)	86
6.13. Pump – 06 (P-06)	86
6.14. Cooler – 02 (C-02)	87
6.15. Tank – 03 (T-03)	88
6.16. Pump – 03 (P-01)	89
6.17. Tank – 04 (T-04)	89
6.18. Pump – 04 (P-04)	90
6.19. Heater – 03 (H-03)	91
6.20. Mixing Tank – 01 (MT-01)	92
6.21. Pump – 07 (P-07)	92
6.22. Tank – 05 (T-05)	93
6.23. Pump – 05 (P-05)	94
6.24. Heater – 04 (H-04)	95
6.25. Neutralization Tank – 01 (NT-01)	96
6.26. Pump – 08 (P-08)	96
6.27. Vaporizer – 02 (VP-02)	97
6.28. Knock out Drum– 03 (KOD-03)	98
6.29. Cooler – 03 (C-03)	98
6.30. Cooler – 05 A (C-05-A)	99

6.31. Cooler – 05 B (C-05-B)	100
6.32. Tank – 06 (T-06)	100
6.33. Pump – 09 (P-09)	101
6.34. Distillation Column – 01 (CD-01)	102
6.35. Kondensor – 01 (CD-01)	103
6.36. Accumulator – 01 (ACC-01)	104
6.37. Pump – 10 (P-10)	104
6.38. Cooler – 04 (C-04)	105
6.39. Reboiler – 01 (RB-05)	106
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	107
7.1. Perusahaan	107
7.2. Struktur Organisasi Perusahaan	109
7.3. Tugas dan Wewenang	112
7.4. Waktu Kerja	116
7.4.1. Waktu Kerja Non-Shift	116
7.4.2. Waktu Kerja Shift	117
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan	117
7.5.1. <i>Direct Operating Labor</i>	118
7.5.2. <i>Indirect Operating Labor</i>	120
BAB VIII ANALISA EKONOMI	125
8.1. Keuntungan (Profitabilitas)	126
8.1.1. Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i>	126
8.2. Lama Waktu Pengembalian	126
8.2.1. Lama Pengangsuran Pengembalian Modal	127
8.2.2. Pay Out Time (POT)	128
8.3. Total Modal Akhir	128
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP)</i>	129
8.3.2. <i>Total Capital Sink (TCS)</i>	130
8.4. Laju Pengembalian Modal	130
8.4.1. <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i>	131

8.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)</i>	131
8.5. <i>Break Even Point (BEP)</i>	132
BAB IX KESIMPULAN	135
DAFTAR PUSTAKA	136
LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA	139
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS	173
LAMPIRAN III SPESIFIKASI ALAT	233
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI	526
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS	552
LAMPIRAN VI SISTEM PERPIPAAN	580
LAMPIRAN VII K3L	597

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan Proses	2
1.3. Macam Proses Pembuatan Metil Ester Sulfonate	6
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	7
BAB II PERENCANAAN PABRIK	11
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	11
2.2. Penentuan Kapasitas Produksi	13
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	17
2.4. Pemilihan Proses	17
2.5. Tinjauan Termodinamika	18
2.6. Uraian Proses	19
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	22
3.1. Lokasi Pabrik	22
3.2. Tata Letak Pabrik	35
3.3. Luas Area	40
3.4. Pertimbangan Tata Letak Pabrik.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perbandingan Minyak Kelapa dan Minyak Kelapa Sawit.....	3
Tabel 1.2. Perbandingan Komposisi Minyak Kelapa dan Minyak Kelapa Sawit ..	4
Tabel 2.1. Data Ekspor dan Impor Surfaktan Anionik.....	13
Tabel 2.2. Tingkat Pertumbuhan Tahunan Rata-Rata	15
Tabel 2.3. Prediksi Tingkat Pertumbuhan Tahunan Rata-Rata 2022-2029.....	15
Tabel 2.4. Data ΔH_f° dan ΔG_f° masing-masing Komponen.....	18
Tabel 3.1. Angkatan Kerja Provinsi Riau 2023.....	32
Tabel 3.2. Rincian Luas Tanah Pendirian Pabrik MES.....	39
Tabel 5.1. Kebutuhan Unit Utilitas Pada Pabrik MES	56
Tabel 5.2. Kebutuhan Saturated Steam pada Alat Proses Produksi Mes	57
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	60
Tabel 5.4. Kebutuhan Listrik Peralatan Pada Pabrik.....	67
Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik sebagai Sumber Energi Umum.....	71
Tabel 7.1. Jenis-jenis Badan Usaha.....	108
Tabel 7.2. Jenis-jenis Struktur Organisasi Perusahaan.....	111
Tabel 7.3. Bentuk Struktur Organisasi	113
Tabel 7.4. Tugas dan Wewenang	114
Tabel 7.5. Pembagian Jadwal Kerja Pekerja Shift	119
Tabel 7.6. Rincian Jumlah Karyawan.....	122
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal	130
Tabel 8.2. Nilai Slope dan Intersep BEP	135
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kebutuhan Surfaktan Anionik di Indonesia	14
Gambar 2.2. Kebutuhan Impor dan Ekspor	16
Gambar 3.1. Peta Lokasi Daerah Pelitunt Kecamatan Medang Kampai Dumai ..	22
Gambar 3.2. Peta Lokasi Jarak Bahan Baku dengan Lokasi Pendirian Pabrik.....	22
Gambar 3.3. Komponen Sistem Boiler	26
Gambar 3.4. Tata Letak Pabrik	33
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	126
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	135

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

C_c	=	Tebal korosi maksimum (m)
D	=	Diameter <i>Accumulator</i> (m)
E_j	=	<i>Joint efficiency</i>
h	=	Panjang ellipsoidal (m)
L	=	Panjang silinder (m)
L_T	=	Panjang total <i>Accumulator</i> (m)
OD	=	Diameter luar (m)
P	=	Tekanan desain (psi)
r	=	Jari-jari <i>Accumulator</i> (m)
S	=	<i>Allowable working stress</i> (psi)
t	=	Tebal dinding <i>Accumulator</i> (m)
V_{acc}	=	Kapasitas <i>Accumulator</i> (m ³)
V_e	=	Volume ellipsoidal (m ³)
V_s	=	Volume silinder (m ³)
W	=	Laju alir massa (kg/jam)
ρ	=	Densitas <i>liquid</i> (kg/m ³)

2. HEAT EXCHANGER (*COOLER, HEATER, KONDENSOR, REBOILER*)

A	=	Luas area perpindahan panas (ft ²)
a''	=	<i>External surface tube</i> (ft ² /ft)
a'_t	=	<i>Flow area per tube</i> (in ²)
A_a	=	<i>Flow area annulus</i> (ft ²)
A_p	=	<i>Flow area inner pipe</i> (ft ²)
A_s	=	<i>Flow area shell</i> (ft ²)
A_t	=	<i>Flow area tube</i> (ft ²)
B	=	<i>Baffle Space</i> (in)
C'	=	<i>Clearance</i> (in)

C_p	=	Kapasitas panas fluida (Btu/lb°F)
D_e	=	Diameter ekuivalen annulus (ft)
D_p	=	Diameter dalam <i>inner pipe</i> (ft)
D_s	=	Diameter <i>shell</i> (in)
f	=	Faktor friksi
F_T	=	<i>Temperature difference factor</i>
G_a	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di annulus (lb/ft ² .jam)
G_p	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di <i>inner pipe</i> (lb/ft ² .jam)
G_s	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di <i>shell</i> (lb/ft ² .jam)
G_t	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di <i>tube</i> (lb/ft ² .jam)
h_{io}	=	Koefisien perpindahan panas di <i>inner pipe</i> atau <i>tube</i> (Btu/jam.ft ² °F)
h_o	=	Koefisien perpindahan panas di <i>annulus</i> atau <i>shell</i> (Btu/jam.ft ² °F)
ID	=	<i>Inside diameter</i> (in)
j_H	=	Faktor perpindahan panas
k	=	Konduktivitas termal fluida (Btu/jam.ft°F)
L	=	Panjang <i>tube</i> (ft)
LMTD	=	<i>Logarithmic Mean Temperature Difference</i> (°F)
N_T	=	Jumlah <i>tube</i>
OD	=	<i>Outside diameter</i> (in)
Pr	=	Bilangan Prandtl
P_T	=	<i>Tube Pitch</i> (in)
Q	=	Beban panas (Btu/jam)
R_d	=	<i>Dirt factor</i> (jam.ft ² °F/Btu)
Re	=	Bilangan Reynold
s	=	<i>Specific gravity</i>
t_1	=	Temperatur <i>inlet</i> fluida dingin (°F)
T_1	=	Temperatur <i>inlet</i> fluida panas (°F)
t_2	=	Temperatur <i>outlet</i> fluida dingin (°F)
T_2	=	Temperatur <i>outlet</i> fluida panas (°F)

t_c	=	Temperatur rata-rata fluida dingin ($^{\circ}\text{F}$)
T_c	=	Temperatur rata-rata fluida panas ($^{\circ}\text{F}$)
U_C	=	<i>Clean overall coefficient</i> (Btu/jam.ft. $^{\circ}\text{F}$)
U_D	=	<i>Design overall coefficient</i> (Btu/jam.ft. $^{\circ}\text{F}$)
V	=	Laju alir volumetrik (ft/s)
W	=	Laju alir massa (lb/jam)
ΔP_a	=	<i>Pressure drop</i> di annulus (psi)
ΔP_p	=	<i>Pressure drop</i> di inner pipe (psi)
ΔP_s	=	<i>Pressure drop</i> di shell (psi)
ΔP_t	=	<i>Pressure drop</i> di tube (psi)
μ	=	Viskositas fluida (lb/ft.jam)
ρ	=	Densitas fluida (kg/m^3)

3. KOLOM DISTILASI

A_a	=	<i>Active area</i> (m^2)
A_{ap}	=	Luas area <i>under apron</i> (m^2)
A_{ap}	=	Luas area <i>under apron</i> (m^2)
A_c	=	<i>Cross sectional area tower</i> (m^2)
A_{cz}	=	Luas <i>calming zone</i> (m^2)
A_d	=	<i>Downcomer area</i> (m^2)
A_h	=	Hole area (m^2)
A_n	=	Net area (m^2)
A_{oh}	=	Luas satu hole (m^2)
A_p	=	Luas <i>perforated area</i> (m^2)
A_{up}	=	Luas <i>unperforated edge strip</i> (m^2)
C_c	=	Tebal korosi maksimum (in)
C_o	=	<i>Orifice coefficient</i>
D	=	Diameter kolom (m)
D_c	=	Diameter kolom (m)
d_h	=	<i>Hole diameter</i> (mm)
E_j	=	<i>Joint efficiency</i>

E_o	=	Efisiensi <i>tray</i>
F_{LV}	=	Parameter aliran
h_{ap}	=	<i>Downcomer pressure loss</i> (mm)
h_{ap}	=	<i>Downcomer pressure loss</i> (mm)
h_b	=	<i>Downcomer liquid back up</i> (mm)
h_b	=	<i>Downcomer liquid back up</i> (mm)
h_d	=	<i>Dry plate drop</i> (mm)
h_{dc}	=	<i>Head loss di downcomer</i> (mm)
h_{dc}	=	<i>Head loss di downcomer</i> (mm)
H_e	=	Tinggi penutup ellipsoidal (m)
HK	=	<i>Heavy key component</i>
h_{ow}	=	<i>Weir liquid crest</i> (mm)
h_r	=	<i>Residual head</i> (mm)
H_s	=	Tinggi silinder (m)
h_t	=	<i>Total pressure drop</i> (mm)
H_t	=	Tinggi total kolom distilasi (m)
h_w	=	Tinggi <i>weir</i> (mm)
L	=	Laju alir massa liquid (kg/detik)
L_{cz}	=	Panjang <i>calming zone</i> (m)
LK	=	<i>Light key component</i>
L_m	=	Panjang <i>unperforated edge strips</i> (m)
$L_{m,max}$	=	Laju <i>liquid</i> maksimum (kg/s)
$L_{m,min}$	=	Laju <i>liquid</i> minimum (kg/s)
l_w	=	Panjang <i>weir</i> (m)
$N_{teoritis}$	=	Stage teoritis pada refluks aktual
OD	=	<i>Outside diameter</i> (m)
P	=	Tekanan desain (psi)
r	=	Jari-jari kolom (m)
R_{aktual}	=	Rasio refluks aktual
R_{min}	=	Rasio refluks minimum
S	=	<i>Allowable working stress</i> (psi)

S_{aktual}	=	<i>Stage</i> aktual termasuk reboiler
S_{min}	=	<i>Stage</i> minimum
S_r	=	<i>Stage</i> pada <i>rectifier</i>
$S_{r,\text{aktual}}$	=	<i>Stage</i> aktual pada <i>rectifier</i>
t	=	Tebal dinding kolom (m)
t_r	=	<i>Residence time</i> (s)
u_f	=	Kecepatan <i>flooding</i> (m/s)
u_h	=	<i>Minimum design vapor velocity</i> (m/s)
u_n	=	Kecepatan <i>flooding</i> aktual (m/s)
$U_{v \text{ max}}$	=	Laju alir volume maksimum gas (m ³ /s)
$U_{v,\text{min actual}}$	=	<i>Minimum actual vapor velocity</i> (m/s)
V	=	Laju alir massa gas (kg/detik)
α_{avg}	=	Volatilitas relatif rata-rata
α_B	=	Volatilitas relatif produk bawah
α_D	=	Volatilitas relatif produk atas
ΔP	=	<i>Pressure drop</i> (atm)
μ	=	Viskositas fluida (cP)
ρ_L	=	Densitas liquid (kg/m ³)
ρ_v	=	Densitas gas (kg/m ³)
σ	=	Tegangan permukaan liquid (N/m)

4. KOMPRESOR

C_p	=	Kapasitas panas gas, tekanan konstan (kJ/kmol.K)
C_v	=	Kapasitas panas gas, volume konstan (kJ/kmol.K)
P	=	Power kompresor (<i>horsepower</i>)
Q	=	Laju alir volumetrik (ft ³ /menit)
R_c	=	Rasio kompresi
V	=	Kapasitas kompresor (ft ³ /jam)
W	=	Laju alir massa (kg/jam)
η_p	=	Efisiensi politropik
ρ	=	Densitas gas (kg/m ³)

5. POMPA

a''	=	<i>Cross sectional area</i> (ft ²)
$D_{i, opt}$	=	Diameter dalam optimum (in)
f	=	<i>Fanning friction</i>
g_c	=	<i>Specific gravity</i> (ft.lbf/lb.s)
H_d	=	<i>Static discharge head</i> (ft.lbf/lb)
H_{dis}	=	<i>Tinggi discharge head</i> (ft.lbf/lb)
$H_{f dis}$	=	<i>Total discharge friction loss</i> (ft.lbf/lb)
$H_{f suc}$	=	<i>Total suction friction loss</i> (ft.lbf/lb)
H_{fc}	=	<i>Sudden contraction friction loss</i> (ft.lbf/lb)
H_{fe}	=	<i>Sudden expansion friction loss</i> (ft.lbf/lb)
H_{ff}	=	<i>Sudden fitting and valves friction loss</i> (ft.lbf/lb)
H_{fs}	=	<i>Skin friction loss</i> (ft.lbf/lb)
H_p	=	<i>Pressure head</i> (ft.lbf/lb)
H_s	=	<i>Static suction head</i> (ft.lbf/lb)
H_{suc}	=	<i>Tinggi suction head</i> (ft.lbf/lb)
H_v	=	<i>Velocity head</i> (ft.lbf/lb)
ID	=	<i>Inside diameter</i> (in)
K_c	=	Koefisien kontraksi
K_e	=	Koefisien ekspansi
L_d	=	Panjang pipa <i>discharge</i> (m)
L_e	=	Panjang ekuivalen pipa (ft)
L_s	=	Panjang pipa <i>suction</i> (m)
MHP	=	<i>Power pompa</i> (horsepower)
m_s	=	Laju alir massa (lb/menit)
NPSH	=	<i>Net Positive Suction Head</i> (ft.lbf/lb)
OD	=	<i>Outside diameter</i> (in)
P_{uap}	=	Tekanan uap <i>liquid</i> (psi)
Q_f	=	Kapasitas pompa (ft ³ /menit)
W_s	=	<i>Work shaft</i> (ft.lbf/lb)

ΔP	=	<i>Pressure drop (psi)</i>
ε	=	<i>Equivalent roughness (ft)</i>
η	=	<i>Efisiensi pompa</i>
μ	=	<i>Viskositas liquid (lb/ft.jam)</i>
ρ	=	<i>Densitas liquid (lb/ft³)</i>

6. PRESSURE REDUCING VALVE

DN	=	<i>Nominal Diameter</i>
Kv	=	<i>Flow Coefficient (m³/h)</i>
m	=	<i>Laju alir massa (kg/jam)</i>
P ₁	=	<i>Tekanan inlet (bar)</i>
P ₂	=	<i>Tekanan outlet (bar)</i>
ΔP	=	<i>Differential Pressure (bar)</i>
ρ	=	<i>Densitas (kg/m³)</i>
Q	=	<i>Volumetric Flowrate (m³/h)</i>
T	=	<i>Temperature (°C)</i>
W	=	<i>Flow velocity (mm)</i>

7. REAKTOR

a"	=	<i>Flow area (in²)</i>
A _c	=	<i>Cross sectional area (m²)</i>
A _p	=	<i>particle external surface area (m²) (m²)</i>
BM	=	<i>Berat molekul (kg/kmol)</i>
C	=	<i>Clearance (m)</i>
C _c	=	<i>Tebal korosi maksimum (m)</i>
C _p	=	<i>Kapasitas panas fluida (J/kg°C)</i>
De	=	<i>equivalent diameter (m)</i>
dh	=	<i>hydraulic diameter, KirschereKast hydraulic diameter (mm)</i>
dp	=	<i>particle diameter, diameter katalis, equivalent pellet diameter (mm)</i>
G _g	=	<i>superficial mass velocity of gas (kg/m².jam)</i>

H _b	=	<i>Bed (catalyst + void)</i> (m)
H _c	=	Catalyst (tanpa <i>void</i> or murni katalis) (m)
H _f	=	Tinggi <i>liquid + vapor</i> (tanpa katalis dalam reaktor) (m)
H _h	=	Head atas atau bawah (m)
H _h	=	Head atas dan bawah (m)
H _t	=	Total reaktor (m)
k	=	Konstanta laju reaksi (m ³ /kmol.s)
L	=	liquid mass <i>velocity</i> (kg/m ² .s) (kg/m ² .jam)
m	=	Laju alir massa (kg/jam)
P	=	Tekanan desain (psi)
Q	=	Laju alir volumetrik (m ³ /jam)
R	=	Konstanta gas (kJ/kmol.K)
(-r)	=	Laju reaksi (kmol/m ³ .s)
r	=	Jari-jari kolom (m)
Re	=	Bilangan Reynold
S	=	<i>Allowable working stress</i> (psi)
t	=	Tebal dinding reaktor (m)
U _g	=	<i>superficial velocity gas</i> (m/jam)
U _l	=	<i>superficial velocity liquid</i> (m/jam)
V _H	=	<i>Volume head</i> (m ³)
V _k	=	Volume katalis (m ³)
V _R	=	Volume reaktor (m ³)
V _s	=	Volume <i>shell</i> (m ³)
Wel	=	<i>Weber number liquid</i>
W _k	=	Berat katalis (kg)
X _g	=	<i>modified Lockharte-Martinelli number</i>
ε	=	<i>porosity, voidage, turbulent energy dissipation rate</i>
μ	=	Viskositas fluida (kg/m.s)
ρ	=	Densitas fluida (kg/m ³)
ρ _b	=	<i>Bulk density</i> katalis (kg/m ³)
ρ _g	=	densitas gas (kg/m ³)

ρ_k	=	Densitas katalis katalis (kg/m^3)
σ	=	<i>Surface tension</i> , N/m (dynes/cm)
ϕ	=	Porositas
φ_s	=	<i>Sphericity</i>
ΔG	=	Energi aktivasi (kJ/kmol)
ΔH	=	Entalpi pembentukan (kJ/kmol.K)

8. TANGKI PENYIMPANAN

C_c	=	Tebal korosi maksimum (m)
D	=	Diameter tangki (m)
E_j	=	<i>Joint efficiency</i>
h	=	Tinggi ellipsoidal (m)
H	=	Tinggi silinder (m)
H_T	=	Tinggi total tangki (m)
OD	=	Diameter luar (m)
P	=	Tekanan desain (psi)
r	=	Jari-jari tangki (m)
S	=	<i>Allowable working stress</i> (psi)
t	=	Tebal dinding tangki (m)
V_e	=	Volume ellipsoidal (m^3)
V_s	=	Volume silinder (m^3)
V_t	=	Kapasitas tangki (m^3)
W	=	Laju alir massa (kg/jam)
ρ	=	Densitas liquid (kg/m^3)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	139
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	173
LAMPIRAN III SPESIFIKASI ALAT	233
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI.....	526
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....	552
LAMPIRAN VI SISTEM PERPIPAAN	580
LAMPIRAN VII K3L	597

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perbandingan Minyak Kelapa dan Minyak Kelapa Sawit.....	3
Tabel 1.2. Perbandingan Komposisi Minyak Kelapa dan Minyak Kelapa Sawit ..	4
Tabel 2.1. Data Ekspor dan Impor Surfaktan Anionik.....	13
Tabel 2.2. Tingkat Pertumbuhan Tahunan Rata-Rata	15
Tabel 2.3. Prediksi Tingkat Pertumbuhan Tahunan Rata-Rata 2022-2029.....	15
Tabel 2.4. Data ΔH_f° dan ΔG_f° masing-masing Komponen.....	18
Tabel 3.1. Angkatan Kerja Provinsi Riau 2023.....	32
Tabel 3.2. Rincian Luas Tanah Pendirian Pabrik MES.....	39
Tabel 5.1. Kebutuhan Unit Utilitas Pada Pabrik MES	56
Tabel 5.2. Kebutuhan Saturated Steam pada Alat Proses Produksi Mes	57
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	60
Tabel 5.4. Kebutuhan Listrik Peralatan Pada Pabrik.....	67
Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik sebagai Sumber Energi Umum.....	71
Tabel 7.1. Jenis-jenis Badan Usaha.....	108
Tabel 7.2. Jenis-jenis Struktur Organisasi Perusahaan.....	111
Tabel 7.3. Bentuk Struktur Organisasi	113
Tabel 7.4. Tugas dan Wewenang	114
Tabel 7.5. Pembagian Jadwal Kerja Pekerja Shift	119
Tabel 7.6. Rincian Jumlah Karyawan.....	122
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal	130
Tabel 8.2. Nilai Slope dan Intersep BEP	135
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kebutuhan Surfaktan Anionik di Indonesia	14
Gambar 2.2. Kebutuhan Impor dan Ekspor	16
Gambar 3.1. Peta Lokasi Daerah Pelitunt Kecamatan Medang Kampai Dumai ..	22
Gambar 3.2. Peta Lokasi Jarak Bahan Baku dengan Lokasi Pendirian Pabrik.....	22
Gambar 3.3. Komponen Sistem Boiler	26
Gambar 3.4. Tata Letak Pabrik	33
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	126
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	135

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

C_c	=	Tebal korosi maksimum (m)
D	=	Diameter <i>Accumulator</i> (m)
E_j	=	<i>Joint efficiency</i>
h	=	Panjang ellipsoidal (m)
L	=	Panjang silinder (m)
L_T	=	Panjang total <i>Accumulator</i> (m)
OD	=	Diameter luar (m)
P	=	Tekanan desain (psi)
r	=	Jari-jari <i>Accumulator</i> (m)
S	=	<i>Allowable working stress</i> (psi)
t	=	Tebal dinding <i>Accumulator</i> (m)
V_{acc}	=	Kapasitas <i>Accumulator</i> (m ³)
V_e	=	Volume ellipsoidal (m ³)
V_s	=	Volume silinder (m ³)
W	=	Laju alir massa (kg/jam)
ρ	=	Densitas <i>liquid</i> (kg/m ³)

2. HEAT EXCHANGER (*COOLER, HEATER, KONDENSOR, REBOILER*)

A	=	Luas area perpindahan panas (ft ²)
a''	=	<i>External surface tube</i> (ft ² /ft)
a'_t	=	<i>Flow area per tube</i> (in ²)
A_a	=	<i>Flow area annulus</i> (ft ²)
A_p	=	<i>Flow area inner pipe</i> (ft ²)
A_s	=	<i>Flow area shell</i> (ft ²)
A_t	=	<i>Flow area tube</i> (ft ²)
B	=	<i>Baffle Space</i> (in)
C'	=	<i>Clearance</i> (in)

C_p	=	Kapasitas panas fluida (Btu/lb ^o F)
D_e	=	Diameter ekuivalen annulus (ft)
D_p	=	Diameter dalam <i>inner pipe</i> (ft)
D_s	=	Diameter <i>shell</i> (in)
f	=	Faktor friksi
F_T	=	<i>Temperature difference factor</i>
G_a	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di annulus (lb/ft ² .jam)
G_p	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di <i>inner pipe</i> (lb/ft ² .jam)
G_s	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di <i>shell</i> (lb/ft ² .jam)
G_t	=	<i>Superficial mass velocity</i> fluida di <i>tube</i> (lb/ft ² .jam)
h_{io}	=	Koefisien perpindahan panas di <i>inner pipe</i> atau <i>tube</i> (Btu/jam.ft ² °F)
h_o	=	Koefisien perpindahan panas di <i>annulus</i> atau <i>shell</i> (Btu/jam.ft ² °F)
ID	=	<i>Inside diameter</i> (in)
j_H	=	Faktor perpindahan panas
k	=	Konduktivitas termal fluida (Btu/jam.ft°F)
L	=	Panjang <i>tube</i> (ft)
LMTD	=	<i>Logarithmic Mean Temperature Difference</i> (°F)
N_T	=	Jumlah <i>tube</i>
OD	=	<i>Outside diameter</i> (in)
Pr	=	Bilangan Prandtl
P_T	=	<i>Tube Pitch</i> (in)
Q	=	Beban panas (Btu/jam)
R_d	=	<i>Dirt factor</i> (jam.ft ² °F/Btu)
Re	=	Bilangan Reynold
s	=	<i>Specific gravity</i>
t_1	=	Temperatur <i>inlet</i> fluida dingin (°F)
T_1	=	Temperatur <i>inlet</i> fluida panas (°F)
t_2	=	Temperatur <i>outlet</i> fluida dingin (°F)
T_2	=	Temperatur <i>outlet</i> fluida panas (°F)

t_c	=	Temperatur rata-rata fluida dingin ($^{\circ}\text{F}$)
T_c	=	Temperatur rata-rata fluida panas ($^{\circ}\text{F}$)
U_C	=	<i>Clean overall coefficient</i> (Btu/jam.ft. $^{\circ}\text{F}$)
U_D	=	<i>Design overall coefficient</i> (Btu/jam.ft. $^{\circ}\text{F}$)
V	=	Laju alir volumetrik (ft/s)
W	=	Laju alir massa (lb/jam)
ΔP_a	=	<i>Pressure drop</i> di annulus (psi)
ΔP_p	=	<i>Pressure drop</i> di inner pipe (psi)
ΔP_s	=	<i>Pressure drop</i> di shell (psi)
ΔP_t	=	<i>Pressure drop</i> di tube (psi)
μ	=	Viskositas fluida (lb/ft.jam)
ρ	=	Densitas fluida (kg/m^3)

3. KOLOM DISTILASI

A_a	=	<i>Active area</i> (m^2)
A_{ap}	=	Luas area <i>under apron</i> (m^2)
A_{ap}	=	Luas area <i>under apron</i> (m^2)
A_c	=	<i>Cross sectional area tower</i> (m^2)
A_{cz}	=	Luas <i>calming zone</i> (m^2)
A_d	=	<i>Downcomer area</i> (m^2)
A_h	=	Hole area (m^2)
A_n	=	Net area (m^2)
A_{oh}	=	Luas satu hole (m^2)
A_p	=	Luas <i>perforated area</i> (m^2)
A_{up}	=	Luas <i>unperforated edge strip</i> (m^2)
C_c	=	Tebal korosi maksimum (in)
C_o	=	<i>Orifice coefficient</i>
D	=	Diameter kolom (m)
D_c	=	Diameter kolom (m)
d_h	=	<i>Hole diameter</i> (mm)
E_j	=	<i>Joint efficiency</i>

E_o	=	Efisiensi <i>tray</i>
F_{LV}	=	Parameter aliran
h_{ap}	=	<i>Downcomer pressure loss</i> (mm)
h_{ap}	=	<i>Downcomer pressure loss</i> (mm)
h_b	=	<i>Downcomer liquid back up</i> (mm)
h_b	=	<i>Downcomer liquid back up</i> (mm)
h_d	=	<i>Dry plate drop</i> (mm)
h_{dc}	=	<i>Head loss di downcomer</i> (mm)
h_{dc}	=	<i>Head loss di downcomer</i> (mm)
H_e	=	Tinggi penutup ellipsoidal (m)
HK	=	<i>Heavy key component</i>
h_{ow}	=	<i>Weir liquid crest</i> (mm)
h_r	=	<i>Residual head</i> (mm)
H_s	=	Tinggi silinder (m)
h_t	=	<i>Total pressure drop</i> (mm)
H_t	=	Tinggi total kolom distilasi (m)
h_w	=	Tinggi <i>weir</i> (mm)
L	=	Laju alir massa liquid (kg/detik)
L_{cz}	=	Panjang <i>calming zone</i> (m)
LK	=	<i>Light key component</i>
L_m	=	Panjang <i>unperforated edge strips</i> (m)
$L_{m,max}$	=	Laju <i>liquid</i> maksimum (kg/s)
$L_{m,min}$	=	Laju <i>liquid</i> minimum (kg/s)
l_w	=	Panjang <i>weir</i> (m)
$N_{teoritis}$	=	Stage teoritis pada refluks aktual
OD	=	<i>Outside diameter</i> (m)
P	=	Tekanan desain (psi)
r	=	Jari-jari kolom (m)
R_{aktual}	=	Rasio refluks aktual
R_{min}	=	Rasio refluks minimum
S	=	<i>Allowable working stress</i> (psi)

S_{aktual}	=	<i>Stage</i> aktual termasuk reboiler
S_{min}	=	<i>Stage</i> minimum
S_r	=	<i>Stage</i> pada <i>rectifier</i>
$S_{r,\text{aktual}}$	=	<i>Stage</i> aktual pada <i>rectifier</i>
t	=	Tebal dinding kolom (m)
t_r	=	<i>Residence time</i> (s)
u_f	=	Kecepatan <i>flooding</i> (m/s)
u_h	=	<i>Minimum design vapor velocity</i> (m/s)
u_n	=	Kecepatan <i>flooding</i> aktual (m/s)
$U_{v \text{ max}}$	=	Laju alir volume maksimum gas (m ³ /s)
$U_{v,\text{min actual}}$	=	<i>Minimum actual vapor velocity</i> (m/s)
V	=	Laju alir massa gas (kg/detik)
α_{avg}	=	Volatilitas relatif rata-rata
α_B	=	Volatilitas relatif produk bawah
α_D	=	Volatilitas relatif produk atas
ΔP	=	<i>Pressure drop</i> (atm)
μ	=	Viskositas fluida (cP)
ρ_L	=	Densitas liquid (kg/m ³)
ρ_v	=	Densitas gas (kg/m ³)
σ	=	Tegangan permukaan liquid (N/m)

4. KOMPRESOR

C_p	=	Kapasitas panas gas, tekanan konstan (kJ/kmol.K)
C_v	=	Kapasitas panas gas, volume konstan (kJ/kmol.K)
P	=	Power kompresor (<i>horsepower</i>)
Q	=	Laju alir volumetrik (ft ³ /menit)
R_c	=	Rasio kompresi
V	=	Kapasitas kompresor (ft ³ /jam)
W	=	Laju alir massa (kg/jam)
η_p	=	Efisiensi politropik
ρ	=	Densitas gas (kg/m ³)

5. POMPA

a''	=	<i>Cross sectional area</i> (ft ²)
$D_{i, opt}$	=	Diameter dalam optimum (in)
f	=	<i>Fanning friction</i>
g_c	=	<i>Specific gravity</i> (ft.lbf/lb.s)
H_d	=	<i>Static discharge head</i> (ft.lbf/lb)
H_{dis}	=	<i>Tinggi discharge head</i> (ft.lbf/lb)
$H_{f dis}$	=	<i>Total discharge friction loss</i> (ft.lbf/lb)
$H_{f suc}$	=	<i>Total suction friction loss</i> (ft.lbf/lb)
H_{fc}	=	<i>Sudden contraction friction loss</i> (ft.lbf/lb)
H_{fe}	=	<i>Sudden expansion friction loss</i> (ft.lbf/lb)
H_{ff}	=	<i>Sudden fitting and valves friction loss</i> (ft.lbf/lb)
H_{fs}	=	<i>Skin friction loss</i> (ft.lbf/lb)
H_p	=	<i>Pressure head</i> (ft.lbf/lb)
H_s	=	<i>Static suction head</i> (ft.lbf/lb)
H_{suc}	=	<i>Tinggi suction head</i> (ft.lbf/lb)
H_v	=	<i>Velocity head</i> (ft.lbf/lb)
ID	=	<i>Inside diameter</i> (in)
K_c	=	Koefisien kontraksi
K_e	=	Koefisien ekspansi
L_d	=	Panjang pipa <i>discharge</i> (m)
L_e	=	Panjang ekuivalen pipa (ft)
L_s	=	Panjang pipa <i>suction</i> (m)
MHP	=	<i>Power pompa</i> (horsepower)
m_s	=	Laju alir massa (lb/menit)
NPSH	=	<i>Net Positive Suction Head</i> (ft.lbf/lb)
OD	=	<i>Outside diameter</i> (in)
P_{uap}	=	Tekanan uap <i>liquid</i> (psi)
Q_f	=	Kapasitas pompa (ft ³ /menit)
W_s	=	<i>Work shaft</i> (ft.lbf/lb)

ΔP	=	<i>Pressure drop (psi)</i>
ε	=	<i>Equivalent roughness (ft)</i>
η	=	<i>Efisiensi pompa</i>
μ	=	<i>Viskositas liquid (lb/ft.jam)</i>
ρ	=	<i>Densitas liquid (lb/ft³)</i>

6. PRESSURE REDUCING VALVE

DN	=	<i>Nominal Diameter</i>
Kv	=	<i>Flow Coefficient (m³/h)</i>
m	=	<i>Laju alir massa (kg/jam)</i>
P ₁	=	<i>Tekanan inlet (bar)</i>
P ₂	=	<i>Tekanan outlet (bar)</i>
ΔP	=	<i>Differential Pressure (bar)</i>
ρ	=	<i>Densitas (kg/m³)</i>
Q	=	<i>Volumetric Flowrate (m³/h)</i>
T	=	<i>Temperature (°C)</i>
W	=	<i>Flow velocity (mm)</i>

7. REAKTOR

a"	=	<i>Flow area (in²)</i>
A _c	=	<i>Cross sectional area (m²)</i>
A _p	=	<i>particle external surface area (m²) (m²)</i>
BM	=	<i>Berat molekul (kg/kmol)</i>
C	=	<i>Clearance (m)</i>
C _c	=	<i>Tebal korosi maksimum (m)</i>
C _p	=	<i>Kapasitas panas fluida (J/kg°C)</i>
De	=	<i>equivalent diameter (m)</i>
dh	=	<i>hydraulic diameter, KirschereKast hydraulic diameter (mm)</i>
dp	=	<i>particle diameter, diameter katalis, equivalent pellet diameter (mm)</i>
G _g	=	<i>superficial mass velocity of gas (kg/m².jam)</i>

H _b	=	<i>Bed (catalyst + void)</i> (m)
H _c	=	Catalyst (tanpa <i>void</i> or murni katalis) (m)
H _f	=	Tinggi <i>liquid + vapor</i> (tanpa katalis dalam reaktor) (m)
H _h	=	Head atas atau bawah (m)
H _h	=	Head atas dan bawah (m)
H _t	=	Total reaktor (m)
k	=	Konstanta laju reaksi (m ³ /kmol.s)
L	=	liquid mass <i>velocity</i> (kg/m ² .s) (kg/m ² .jam)
m	=	Laju alir massa (kg/jam)
P	=	Tekanan desain (psi)
Q	=	Laju alir volumetrik (m ³ /jam)
R	=	Konstanta gas (kJ/kmol.K)
(-r)	=	Laju reaksi (kmol/m ³ .s)
r	=	Jari-jari kolom (m)
Re	=	Bilangan Reynold
S	=	<i>Allowable working stress</i> (psi)
t	=	Tebal dinding reaktor (m)
U _g	=	<i>superficial velocity gas</i> (m/jam)
U _l	=	<i>superficial velocity liquid</i> (m/jam)
V _H	=	<i>Volume head</i> (m ³)
V _k	=	Volume katalis (m ³)
V _R	=	Volume reaktor (m ³)
V _s	=	Volume <i>shell</i> (m ³)
Wel	=	<i>Weber number liquid</i>
W _k	=	Berat katalis (kg)
X _g	=	<i>modified Lockharte-Martinelli number</i>
ε	=	<i>porosity, voidage, turbulent energy dissipation rate</i>
μ	=	Viskositas fluida (kg/m.s)
ρ	=	Densitas fluida (kg/m ³)
ρ _b	=	<i>Bulk density</i> katalis (kg/m ³)
ρ _g	=	densitas gas (kg/m ³)

ρ_k	=	Densitas katalis katalis (kg/m^3)
σ	=	<i>Surface tension</i> , N/m (dynes/cm)
ϕ	=	Porositas
φ_s	=	<i>Sphericity</i>
ΔG	=	Energi aktivasi (kJ/kmol)
ΔH	=	Entalpi pembentukan (kJ/kmol.K)

8. TANGKI PENYIMPANAN

C_c	=	Tebal korosi maksimum (m)
D	=	Diameter tangki (m)
E_j	=	<i>Joint efficiency</i>
h	=	Tinggi ellipsoidal (m)
H	=	Tinggi silinder (m)
H_T	=	Tinggi total tangki (m)
OD	=	Diameter luar (m)
P	=	Tekanan desain (psi)
r	=	Jari-jari tangki (m)
S	=	<i>Allowable working stress</i> (psi)
t	=	Tebal dinding tangki (m)
V_e	=	Volume ellipsoidal (m^3)
V_s	=	Volume silinder (m^3)
V_t	=	Kapasitas tangki (m^3)
W	=	Laju alir massa (kg/jam)
ρ	=	Densitas liquid (kg/m^3)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	139
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	173
LAMPIRAN III SPESIFIKASI ALAT	233
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI.....	526
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....	552
LAMPIRAN VI SISTEM PERPIPAAN	580
LAMPIRAN VII K3L	597

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Latar Belakang

Pengembangan industri kimia di Indonesia memiliki peran krusial dalam mewujudkan visi pemerintah untuk menjadikan negara ini sebagai kekuatan industri global pada tahun 2025, sebagaimana diatur dalam Peraturan Presiden No. 28 tahun 2008. Salah satu aspek penting dari sektor ini adalah produksi surfaktan, khususnya Metil Ester Sulfonat (MES) yang berperan sentral dalam industri pembersih. Meskipun permintaan akan bahan pembersih terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, ketergantungan pada impor MES menimbulkan tantangan terhadap kemandirian industri kimia dalam negeri. Dalam konteks ini, keberlanjutan dan keberagaman bahan baku menjadi isu krusial yang perlu diatasi.

Ketergantungan pada impor MES menciptakan kerentanan terhadap fluktuasi pasar global, yang dapat mengancam stabilitas ekonomi dan ketahanan industri dalam negeri. Di sisi lain, penggunaan minyak kelapa sebagai bahan baku lokal untuk produksi MES menjadi solusi inovatif yang menjanjikan kemandirian energi dan bahan baku, serta mendorong pertumbuhan industri dalam negeri. Pemilihan minyak kelapa sebagai bahan baku pembuatan MES memiliki cukup banyak dampak positif. Pertama, sebagai jalan menuju diversifikasi sumber daya, mengurangi risiko terkait impor, dan menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan. Selain itu, tindakan tersebut juga berkontribusi pada pemberdayaan petani kelapa lokal dan ekonomi daerah, serta menciptakan dampak positif yang dirasakan secara langsung oleh masyarakat. Pengurangan jejak karbon dan dampak lingkungan negatif menjadi fokus utama dalam strategi ini, sejalan dengan panggilan global untuk mengadopsi praktik berkelanjutan dalam industri.

Minyak kelapa merupakan komoditas unggulan Indonesia yang memiliki potensi besar untuk diolah menjadi produk turunan bernilai tambah. Salah satu turunannya yang menjanjikan adalah metil ester, hasil reaksi antara asam lemak dalam minyak kelapa dengan metanol. Metil ester memiliki sifat biodegradable dan renewable, sehingga ramah lingkungan dan berkelanjutan. Melalui proses sulfonasi, metil ester dapat diubah menjadi metil ester sulfonat (MES) yang memiliki sifat surfaktan dan dapat diaplikasikan dalam berbagai industri seperti

deterjen, kosmetik, dan tekstil. MES yang berasal dari minyak kelapa menawarkan keunggulan kompetitif karena ketersediaan bahan baku yang melimpah di Indonesia dan potensinya untuk menggantikan bahan kimia berbasis petrokimia yang kurang ramah lingkungan. Dengan demikian, pengembangan industri MES dari minyak kelapa dapat memberikan kontribusi signifikan bagi perekonomian Indonesia dan pelestarian lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan ke depan untuk membangun pabrik MES guna memenuhi kebutuhan surfaktan di Indonesia dan menekan nilai impor surfaktan tersebut di Indonesia, serta mendukung berdirinya industri lain yang menggunakan jenis surfaktan tersebut.

1.2. Sejarah dan Perkembangan Produksi Metil Ester Sulfonat

Metil Ester Sulfonat (MES) merupakan salah satu surfaktan anionik berasal dari bahan baku terbarukan yang saat ini digunakan secara komersial dalam industri pembersih. Meskipun studi mendasar tentang MES telah dimulai sejak tahun 1950-an, namun surfaktan ini baru diakui sebagai kelas surfaktan pada tahun 1980-an. Penelitian pertama yang tercatat tentang MES adalah dilakukan oleh para peneliti di laboratorium riset wilayah timur *United States Department of Agriculture* (USDA). Pada tahap awal pengembangan MES memiliki beberapa keterbatasan seperti kelarutan yang buruk, hidrolisis yang tinggi, warna gelap, dan iritasi sehingga memberikan faktor ketakutan tersendiri pada industri deterjen untuk mengembangkan MES ke produksi skala besar. Namun, selama periode ini banyak perusahaan dan laboratorium akademis telah mengeksplorasi mekanisme, proses, metode, dan sifat reaksi MES. Sehingga, sejak tahun 1990-an beberapa jurnal penelitian telah diterbitkan mengenai penerapan MES dalam deterjen laundry.

Pada awal 1990-an, Jepang memperkenalkan teknologi baru dalam produksi MES berkualitas tinggi secara komersial melalui perbaikan proses yang terdiri dari sulfonasi, *bleaching*, dan netralisasi. Dalam periode yang sama di Amerika Serikat, Stephan Company juga mengembangkan MES berbasis kelapa dan mempromosikan penggunaannya. Produk deterjen MES bubuk pertama kali diproduksi pada tahun 1991, dan di tahun 2000-an merupakan periode di mana MES menjadi topik utama dalam industri deterjen. Hal ini dipicu oleh pengembangan biodiesel berbasis minyak kelapa sawit di Asia Tenggara, yang menawarkan

kemungkinan penggunaan berlimpah dari rantai karbon C₁₆ jenuh berbasis minyak kelapa sawit dengan biaya kompetitif hingga kini banyak pemasok MES di dunia.

Seiring berkembangnya zaman, diketahui bahwa MES berbasis minyak kelapa sawit ternyata memiliki biodegradabilitas yang cukup rendah, akibatnya penggunaan yang berlebih secara tidak langsung dapat mencemari lingkungan. Pada awal tahun 2000an telah banyak dilakukan penelitian mengenai MES dengan berbagai macam bahan baku salah satunya minyak kelapa. Minyak kelapa memiliki rantai asam lemak yang lebih pendek dan tidak jenuh dibandingkan minyak kelapa sawit. Metil Ester Sulfonat (MES) berbasis minyak kelapa memiliki daya larut yang lebih baik, lebih mudah terurai, lebih ramah lingkungan, aman untuk kulit sensitif, dan biasa digunakan dalam deterjen cair. Namun, MES berbasis minyak kelapa memiliki harga yang jauh lebih mahal jika dibandingkan dengan MES berbasis minyak kelapa sawit. Penelitian terus dilakukan agar dapat memanfaatkan kinerja dan aplikasi MES dari minyak kelapa namun dengan harga yang terjangkau. Oleh karena itu, ditemukan solusi dengan memanfaatkan minyak kelapa jelantah untuk memberikan hasil yang relatif sama dengan MES berbasis minyak kelapa murni. Adapun tabel perbandingan minyak kelapa dan minyak kelapa sawit sebagai berikut

Tabel 1.1. Perbandingan Minyak Kelapa dan Minyak Kelapa Sawit

No	Aspek	Minyak Kelapa	Minyak Kelapa Sawit
1	Sumber	Minyak nabati yang didapatkan dari pohon kelapa (Arjanto, 2022)	Minyak nabati yang didapatkan dari mesocarp buah pohon kelapa sawit (Siregar, 2024)
2	Warna dan Aroma	Berwarna jernih, tidak berasa dengan bau khas kelapa (Aziz dkk, 2017)	Berwarna kuning keemasan, beraroma khas minyak kelapa sawit (Hasby, 2021)
3	Kandungan Lemak	Tersusun oleh asam lemak jenuh lebih dari 90% dan asam lemak rantai sedang dan pendek (Silalahi dan Nurbaya 2011)	Asam lemak jenuh hanya sekitar 50% (Yuwanti dkk, 2018)

4	Penggunaan	Lebih stabil saat berada di suhu tinggi dan tidak mudah teroksidasi dibandingkan minyak kelapa sawit (Suroso 2013)	Lebih mudah teroksidasi dan kurang stabil (Suroso, 2013)
5	Dampak Lingkungan	Produksinya berdampak pada lingkungan (Suwarno, 2019)	Produksinya menjadi penyebab deforestasi dan perubahan iklim (Suwarno 2019)
6	Harga	Relatif Mahal	Murah

Tabel 1.2. Perbandingan Komposisi Minyak Kelapa dan Minyak Kelapa Sawit

No	Asam Lemak	Minyak Kelapa	Minyak Kelapa Sawit
Jenuh			
Rantai Medium (C₆-C₁₂)			
1.	Kaproat (C _{6:0})	0,50	-
2.	Kaprilat (C _{8:0})	8,00	-
3.	Kaprat (C _{10:0})	7,00	-
4.	Laurat (C _{12:0})	48,00	0,30
	Total	63,50	0,30
Rantai Panjang (C₁₄-C₂₄)			
1.	Miristat (C _{14:0})		
2.	Palmiat (C _{16:0})		
3.	Stearat (C _{18:0})		
4.	Arachidrat (C _{20:0})		
	Total	28,10	51,20
Tak Jenuh			
Tak Jenuh Tunggal (C_{16:1}-C_{22:1})			
1.	Palmitoleat (C _{16:1})	0,10	-
2.	Oleat (Cis C _{18:1 ω.9})	6,00	38,80
	Total	6,10	38,80
Polyunsaturated (C_{18:2}-C_{22:6})			

1.	Linoleat (C _{18:2} ω.6)	0,10	-
2.	Linolenat (C _{18:3} ω.3)	-	0,30
	Total	2,30	9,70

(Thampan, 1996)

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa kandungan asam laurat pada minyak kelapa sangat dominan, mencapai hingga 50%. Minyak kelapa ini dikonversikan menjadi Metil Ester Coconut Oil (MECO) dengan bantuan metanol dan NaOH yang akan menjadi bahan baku dalam produksi metil ester sulfonat (MES). MECO kemudian disulfonasikan dengan gas SO₃ untuk menghasilkan MESCO. Lokasi dipilih di daerah yang dapat mencakup pemasok bahan baku seperti Metil Ester Coconut Oil (MECO) dari PT Wilmar Nabati Indonesia di Dumai dan gas SO₃ dipasok dari PT IndoChemical di Dumai, Sehingga, pabrik ini direncanakan berdiri di daerah Dumai untuk efisiensi distribusi bahan baku.

Struktur utama pabrik MESCO mencakup dua unit utama, yaitu sulfonasi dan netralisasi. Keseluruhan area sulfonasi dan netralisasi didesain untuk berdekatan satu sama lain, memungkinkan adanya aliran yang lancar antara unit-unit tersebut. Setiap area dilengkapi dengan reaktor utama, termasuk alat penunjang seperti tangki penyimpanan, pompa, dan sistem kontrol yang mendukung operasional produksi. Selain itu, pabrik ini menyiapkan area penyimpanan khusus untuk produk jadi, bahan baku, dan peralatan. Area laboratorium ditempatkan dekat dengan area produksi untuk memudahkan pengawasan dan pengendalian kualitas produk. Sementara itu, area perkantoran berlokasi di bagian depan pabrik untuk keperluan administrasi dan manajemen. Pabrik MES juga memiliki fasilitas pendukung seperti sistem utilitas yang mencakup listrik, air, dan gas. Fasilitas pengelolaan limbah dipasang untuk menangani limbah cair dari proses produksi. Keamanan pabrik diperkuat dengan adanya sistem keamanan, termasuk CCTV, alarm kebakaran, dan alat pemadam kebakaran. Untuk kesejahteraan karyawan, fasilitas kesehatan dan hiburan juga disediakan di dalam pabrik. Selain itu, terdapat area khusus untuk distribusi dan logistik guna mendukung efisiensi dalam proses distribusi produk jadi ke pasar. Dengan demikian, pabrik MES ini didesain holistik untuk mengintegrasikan semua aspek produksi dan mendukung kelancaran operasional sehari-hari.

Pemilihan badan usaha berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didasarkan pada pertimbangan keuntungan yang lebih banyak, didukung oleh dasar hukum Pasal 3 ayat (1) UU No. 40/2007 tentang Perseroan Terbatas. Ini memastikan bahwa pemegang saham tidak bertanggungjawab secara pribadi melebihi saham yang dimiliki, meningkatkan kredibilitas, dan memberikan peluang lebih besar untuk mendapatkan pendanaan dan ekspansi. Struktur organisasi pabrik MES dapat mengadopsi bentuk organisasi lini dan staf, menggabungkan elemen dari organisasi lini dan fungsional. Hal ini cocok untuk perusahaan besar dengan kebutuhan pekerja yang banyak, memberikan fleksibilitas dan efisiensi dalam pengelolaan.

1.3. Macam Proses Pembuatan Metil Ester Sulfonat

Metil Ester Sulfonat (MES) diproduksi melalui reaksi sulfonasi metil ester dengan agen sulfonasi. Faktor yang membedakan macam proses pembuatan MES satu dengan yang lain yaitu jenis agen sulfonasi yang digunakan dapat berupa asam sulfat (H_2SO_4), natrium bisulfit ($NaHSO_3$), dan gas sulfur trioksida (SO_3). Selain itu, jenis MES yang dihasilkan dapat berbeda bergantung pada bahan baku yang digunakan seperti minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak, dan lain-lain.

Umumnya proses pembuatan MES melalui beberapa tahapan yaitu sulfonasi, pemurnian, dan penetralan. Hidayati dkk (2012) melakukan penelitian mengenai pembuatan MES berbasis minyak jelantah dengan agen pensulfonasi berupa asam sulfat (H_2SO_4) 80% dan nisbah 1:1,4. MES dari minyak jelantah disulfonasi pada suhu 50-55°C selama 90 menit kemudian dimurnikan dengan metanol 40% dan H_2O_2 1 % untuk proses pemucatan. Proses selanjutnya dilakukan netralisasi dengan NaOH 20% hingga pH MES yang dihasilkan netral. MES yang dihasilkan dari penelitian Hidayati dkk (2022) memiliki karakteristik tegangan permukaan 27,35 dyne/cm, stabilitas emulsi 89,44%, dan bilangan asam 17,72%.

Pembuatan MES juga dapat diproduksi dengan sulfonasi menggunakan natrium bisulfit ($NaHSO_3$) seperti yang dilakukan Amaliah dkk (2018) yang menyulfonasi *virgin coconut oil* (VCO). Diawali dengan reaksi transesterifikasi pembuatan metil ester yang mereaksikan minyak kelapa dan metanol dengan rasio mol 1:6 dan katalis KOH 1%. Metil ester yang dihasilkan tersebut kemudian disulfonasi menggunakan natrium bisulfit ($NaHSO_3$) dengan rasio 1:1 (%v/v) pada temperatur 65°C. Reaksi sulfonasi metil ester minyak kelapa ini dibantu dengan

katalis CaO 1%. Setelah proses sulfonasi, MES dimurnikan dengan metanol 50% pada suhu 60°C selama 10 menit dan kemudian dinetralisasi dengan NaOH 20%. MES yang dihasilkan dari penelitian Amaliah dkk (2018) memiliki karakteristik viskositas 4,04 cSt, %yield sebesar 98%, dan tegangan permukaan 32,028 dyne/cm.

Adapun pembuatan MESCO berbasis MECO terdiri dari dua tahapan proses utama berupa proses sulfonasi yang mensulfonasikan metil laurat dengan gas SO₃, kemudian netralisasi dengan NaOH. MECO yang berada dalam tangki penyimpanan dialirkan ke reaktor falling film untuk mencampurkan MECO dengan gas SO₃. Ketika reaksi berlangsung, bahan baku MECO dan SO₃ akan terkonversi menjadi MESCOA atau Metil Ester Sulfonat Coconut Oil Acid. MESCOA ini akan dinetralisasikan dengan larutan NaOH dalam reaktor CSTR dengan metode pengadukan. Setelah proses netralisasi MESCOA sudah berubah menjadi MESCO yang menjadi produk akhir dalam proses pembuatan MESCO.

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. Bahan Baku

1) Metil Ester

a. Sifat Fisik :

Rumus Molekul	: RCOOCH ₃
Fasa	: Cair
Berat Molekul	: 229,1300 Kg/Kmol
Viskositas	: 14,152 cP pada 30°C
Densitas	: 876,87Kg/m ³
Titik didih	: 343,85°C
Kelarutan	: Tidak larut dalam air
Bilangan asam	: 1,13 mg KOH/g
Kemurnian	: 96,5 %

b. Sifat Kimia:

1. Hidrolisis asam: Dalam kondisi asam kuat dan pemanasan, metil ester dapat terhidrolisis kembali menjadi asam lemak dan metanol. Reaksi ini merupakan kebalikan dari reaksi esterifikasi.

2. Hidrolisis basa: Dalam kondisi basa kuat, hidrolisis metil ester menghasilkan garam karboksilat dan metanol. Reaksi ini sering disebut sebagai saponifikasi.
3. Transesterifikasi: Metil ester dapat bereaksi dengan alkohol lain untuk membentuk ester yang berbeda. Reaksi ini disebut transesterifikasi dan sering digunakan dalam produksi biodiesel.

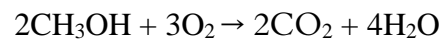
2) Metanol

a. Sifat Fisik :

Bentuk Fisik	: Cair
Berat molekul	: 32,04 g/mol
Melting Point	: -97,8°C
Bolling Point	: 64,7°C
Flash Point	: 11°C
Critical Temperatur	: 239,4°C
Vapor Pressure	: 12,8 kPa (20°C)
Density	: 0,573 g.cm ³ (at 25°C)
Solubility	: water 88 mg/l
Specific Grafity	: 792 kg/m ³

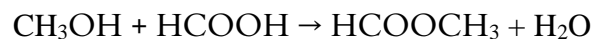
b. Sifat Kimia :

- Reaksi kimia metanol yang terbakar di udara dan membentuk karbon dioksida dan air adalah sebagai berikut:

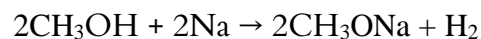


- Esterifikasi methanol

Metanol bereaksi dengan asam organit membentuk ester



- Metanol bereaksi dengan Sodium pada suhu kamar untuk membebaskan Nitrogen



(MSDS Metanol, 2017)

3) Gas Sulfur Trioksida SO₃

a. Sifat Fisik :

Bentuk Fisik	: Gas
--------------	-------

Berat molekul	: 80,06 g/gmol
Titik leleh	: 16,8 °C
Viskositas	: 9,85 cP
Density	: 6,8 kg/m ³
Panas penguapan pada titik didih	: 528 J/g

b. Sifat Kimia :

1. Dengan air membentuk asam kuat Reaksi: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$.
2. Dengan udara lembab sulfur trioksida membentuk uap putih tebal dengan bau yang menyengat

(Diary Chemistry)

1.4.2. Bahan Pendukung

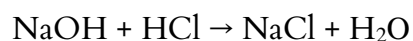
1) Natrium Hidroksida (NaOH)

a. Sifat Fisik :

Berat Molekul	: 40 gr/mol
Titik Didih	: 1390 °C
Titik Leleh	: 323°C
Temperatur Kritis	: 2546,85°C
Tekanan Kritis	: 249,998 atm
Densitas	: 1090,41 kg/m ³
Panas Pembentukan	: -47,234 kkal/kmol
Wujud	: Padat, kristal higroskopis
Kemurnian	: 98%w
Impurities	: H ₂ O 2%w

b. Sifat Kimia :

- NaOH merupakan zat berwarna putih dan rapuh dengan cepat dapat mengabsorpsi uap air dan CO₂ dari udara, kristal NaOH berserat membentuk anyaman. NaOH mudah larut dalam air, jika kontak dengan udara akan mencair dan jika dibakar akan meleleh (PT. Asahimas Chemical).
- Senyawa ini bila direaksikan dengan (HCl) asam klorida akan terbentuk garam dan air (Krik dan Othmer, 1952).



1.4.3. Produk

1) Metil Ester Sulfonat

a. Sifat Fisik :

Warna	: Kekuningan
Fase	: Serbuk padatan
BM	: 382,7 g/gmol
Densitas	: 600 kg/m ³
Autoignition temperature	: 684°F
Flash Point	: > 200°F
Aroma	: Bau khas
Kelarutan dalam PE	: 4,0 maks
Garam disodium	: 10 maks
pH	: 4,5-7

b. Sifat Kimia :

- Larut dalam air
- Sifat deterjensi yang baik pada hard water

(Sun Products Corporation, 2011 ; Zoller, 2009)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman A. 2024. Penataan Lahan Prmukiman dengan Metode *Buffer Zone* untuk Kelestarian Lingkungan. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik (JURRITEK)*. Vol.3(1): 150-157.
- Alibaba. 2024. *Raw Materials Price*. (Online). www.alibaba.com. (Diakses pada Oktober 2024).
- Sugiarto and S. Dergibson. 2002. *Metode Statistika Untuk Bisnis dan Ekonomi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Badan Pusat Statistik Kota Dumai. 2021. *Kecamatan Medang Kampai dalam Angka*, BPS Kota Dumai.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Data Ekspor dan Impor Surfaktan Anionik di Indonesia*. (Online). <https://www.bps.go.id/exim/>. (Diakses pada Tanggal 15 Januari 2024).
- Badan Standardisasi Nasional. 2020. *SNI 6197: 2020 Konservasi energi pada sistem pencahayaan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Coulson dan Richardson. 1999. *Chemical Engineering Volume 6 3th Edition*. Elsevier: Buttenworth - Heinemann.
- Couper, J. R., Penney, W. R., Fair, J. R., dan Walas, S. M. 2012. *Chemical Process Equipment Selection and Design Third Edition*. Elsevier: Buttenworth - Heinemann.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2024. *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2021-2023*. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian RI.
- Dirga Nusantara Aktual dan Terpercaya. 2021. *Kadin Dumai Dukung Pengembangan Bisnis Pelabuhan*. (Online): <https://dirganusantara.com/news/cetak/1563/kadin-dumai-dukung%C2%A0-pengembangan%C2%A0-bisnis-pelabuhan>. (Diakses pada 13 April 2024).
- Fikri, M. 2021. Penggunaan Teknologi Clarifier Tank pada Pengolahan Air Limbah Industri Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-9 Tahun 2021, Palembang 20 Oktober 2021*.
- Fitriani, Ansahri A. A. 2019. Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Berau. *Jurnal: Elektriika Borneo (JEB)*. Vol.5(2): 31-35.

- Fogler, H. S. 2004. *Elements of Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. New Delhi: Prentice Hall International Series.
- Haluan Riau. 2023. *Bank Jelantah Riau Ubah Minyak Bekas Pakai Jadi Ladang Bisnis*. (Online):<https://riau.harianhaluan.com/bisnis/119968012/bank-jelantah-riau-ubah-minyak-bekas-pakai-jadi-ladang-bisnis>. (Diakses pada 13 April 2024).
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. Oregon: John Wiley and Sons.
- Matches Engineering. 2024. *Equipment Cost Estimates*. (Online). www.matches.com. (Diakses pada November 2024).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., dan Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- McKetta, J. J., dan Cunningham, W. A. 1991. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. New York: Marcel Decker, Inc.
- Pelaku Bisnis. 2018. *Dumai Kota Industri yang Menunjang Tol Laut*. (Online): <https://pelakubisnis.com/2018/07/dumai-kota-industri-yang-menunjang-tol-laut/?amp=1>. (Diakses pada 13 April 2024).
- Perry, R. H., dan Green, D. W. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Perry, R. H. dan Green, D. W. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Petters, M., dan Timmerhaus, K., 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineer, 4th Edition*. New York: Mc Graw - Hill Book Co.
- Portal Resmi Pemerintah Provinsi Riau. 2019. *Kota Dumai*. (Online):<https://www.riau.go.id/home/content/5/kota-dumai>. (Diakses pada 13 April 2024).
- Rohmah, N. F. 2019. Struktur dan Desain Organisasi. *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*. Vol. 3:01. Hal:1-13.
- Setiawan, R. 2020. Pengelolaan Kawasan Industri Berwawasan Lingkungan di Kota Dumai. *Jurnal Wedana*. Vol.4. Hal:8-18.

- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbott, M. M. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Smith, Robin. 2016. *Chemical Process Design and Integration*. United Kingdom.
- Treybal, R. E. 1981. *Mass Transfer Operation*. Singapore: McGraw-Hil
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2007. Tentang Perseroan Terbatas. (Online). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/39965>. (Diakses pada Tanggal 21 Oktober 2024).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003. Tentang Ketenagakerjaan. (Online). http://www.kemenperin.go.id/kompetensi/UU_13_2003.pdf . (Diakses pada Tanggal 20 Oktober 2024).
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York:Butterworth-Heinemann.
- Wisesa, S.P., Prayogi, A.S., dan Fahrudin, T.M. 2018. Pemodelan dan Evaluasi Trend Forecasting pada Kondisi Korban Kecelakaan Lalu Lintas menggunakan Trend Moment dan Least Square. *Jurnal Sistem Cerdas*. Vol. 1(2): 56-66.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. The Mc Graw-Hill Companies. United States of America.