

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR KODE DAN STANDAR.....	xix
INTISARI	xx
ABSTRACT.....	xxi
BAB 1. PENGANTAR	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tinjauan Pustaka	3
1.3. Pemilihan Proses	5
1.3.1. Hidrodeoksigenasi (HDO).....	6
1.3.2. Proses <i>Ecofining</i> dari UOP dan ENI.....	8
1.3.3. Proses NExBTL dari Neste Oil	9
1.3.4. Perbandingan dan Pemilihan Proses.....	11
1.4. Analisis Pasar	11
1.4.1. Potensi Pasar yang Ada	11
1.4.2. Permintaan Pasar	13
1.4.3. Kapasitas Pabrik yang Sudah Ada.....	18
1.4.4. Kapasitas Produksi Maksimum	19
1.5. Lokasi Pabrik.....	20
1.5.1. Pemilihan Lokasi Pabrik.....	20
1.5.2. Ketersediaan Bahan Baku.....	21
1.5.3. Transportasi	22
1.5.4. Utilitas	23
1.5.5. Lingkungan.....	23
1.5.6. Tenaga Kerja (<i>Manpower</i>).....	24
1.5.7. Iklim dan Bencana	24
1.5.8. Aspek Ekonomi, Sosial, dan Hukum.....	25
BAB 2. URAIAN PROSES	27
2.1. Tahap Persiapan Bahan Baku (<i>Pre-treatment</i>).....	27
2.2. Tahap Reaksi	28



2.3.	Tahap Pemisahan Produk	30
BAB 3. SPESIFIKASI BAHAN.....		31
3.1.	Spesifikasi Bahan Baku	31
3.1.1.	<i>Crude Palm Oil</i> (CPO)	31
3.1.2.	Hidrogen	31
3.2.	Spesifikasi Produk	31
3.2.1.	<i>Green Naphta</i>	31
3.2.2.	<i>Green Diesel</i>	32
3.3.	Spesifikasi Bahan Baku Penunjang	32
3.3.1.	Larutan Asam Fosfat	32
3.3.2.	Larutan Natrium Hidroksida	32
3.3.3.	Air	32
3.3.4.	Katalis Ni-Mo/Al ₂ O ₃	33
3.3.5.	Katalis Pt/SAPO-11	33
BAB 4. DIAGRAM ALIR PROSES		34
4.1.	Diagram Blok Kualitatif	34
4.2.	Diagram Blok Kuantitatif	35
4.3.	<i>Process Engineering Flow Diagram</i>	36
BAB 5. NERACA MASSA		37
5.1.	Neraca Massa Keseluruhan	37
5.2.	Neraca Massa Setiap Alat	37
5.2.1.	<i>Mixer</i> (V-101)	37
5.2.2.	<i>Mixer</i> (V-102)	38
5.2.3.	<i>Mixer</i> (V-103)	38
5.2.4.	Dekanter (V-104)	39
5.2.5.	Reaktor Hidrodeoksigenasi (R-201)	40
5.2.6.	Separator (V-201)	40
5.2.7.	Reaktor Isomerisasi (R-202)	41
5.2.8.	Separator (V-202)	42
5.2.9.	Kolom Distilasi (T-301)	43
5.2.10.	Akumulator (V-301)	44
5.2.11.	Reboiler (E-303)	44
5.2.12.	<i>Splitting Point</i> 1 (Gas Hidrogen)	45
5.2.13.	Mixing Point 1 (Off-Gas)	45



BAB 6. NERACA PANAS	46
6.1. Neraca Panas Keseluruhan	46
Suhu referensi yang digunakan adalah 25°C (298,15 K).	46
6.2. Neraca Panas Setiap Alat	46
6.2.1. <i>Mixer</i> (V-101).....	46
6.2.2. <i>Mixer</i> (V-102).....	47
6.2.3. <i>Mixer</i> (V-103).....	47
6.2.4. Dekanter (V-104).....	48
6.2.5. <i>Furnace</i> (H-201).....	49
6.2.6. Reaktor Hidrodeoksigenasi (R-201).....	49
6.2.7. Separator (V-201)	50
6.2.8. Reaktor Isomerisasi (R-202).....	50
6.2.9. Separator (V-202)	51
6.2.10. Kolom Distilasi (T-301)	52
6.2.11. Kondensor (E-301)	53
6.2.12. Akumulator (V-301)	54
6.2.13. <i>Heat Exchanger</i> (E-302).....	54
6.2.14. <i>Reboiler</i> (E-303)	55
6.2.15. <i>Heat Exchanger</i> (E-304).....	55
6.2.16. <i>Splitting Point</i> 1 (Gas Hidrogen)	56
6.2.17. <i>Mixing Point</i> 1 (Off-Gas).....	56
BAB 7. SPESIFIKASI ALAT	57
7.1. Tangki Penyimpanan CPO (TK-101).....	57
7.2. Tangki Penyimpanan Asam Fosfat (TK-102)	57
7.3. Tangki Penyimpanan Natrium Hidroksida (TK-103)	58
7.4. Tangki Penyimpanan Air Proses (TK-104).....	58
7.5. Tangki Penyimpanan <i>Green Naphta</i> (TK-301).....	59
7.6. Tangki Penyimpanan <i>Green Diesel</i> (TK-302)	59
7.7. Pompa (P-101 A/B).....	60
7.8. Pompa (P-102 A/B).....	61
7.9. Pompa (P-103 A/B).....	62
7.10. Pompa (P-104 A/B).....	63
7.11. Pompa (P-105 A/B).....	64
7.12. Pompa (P-106 A/B).....	65



7.13. Pompa (P-107 A/B)	66
7.14. Pompa (P-108 A/B)	67
7.15. Pompa (P-201 A/B)	68
7.16. Pompa (P-202 A/B)	69
7.17. Pompa (P-301 A/B)	70
7.18. Pompa (P-302 A/B)	71
7.19. <i>Mixer</i> (V-101)	72
7.20. <i>Mixer</i> (V-102)	72
7.21. <i>Mixer</i> (V-103)	73
7.22. Dekanter (V-104)	73
7.23. Separator (V-201)	74
7.24. Separator (V-202)	74
7.25. Akumulator (V-301)	75
7.26. Kondensor (E-301)	75
7.27. <i>Heat Exchanger</i> (E-302)	77
7.28. <i>Reboiler</i> (E-303)	78
7.29. <i>Heat Exchanger</i> (E-304)	79
7.30. <i>Expansion Valve</i> (EV-201)	80
7.31. <i>Furnace</i> (H-201)	80
7.32. Reaktor Hidrodeoksigenasi (R-201)	82
7.33. Reaktor Isomerisasi (R-202)	83
7.34. Menara Distilasi (T-301)	84
BAB 8. UTILITAS	85
8.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	85
8.1.1. Kebutuhan Air	85
8.1.2. Sumber Air	87
8.1.3. Pengolahan Air	87
8.1.4. Alat-Alat yang Digunakan pada Unit Pengolahan Air	90
8.2. Unit Pembangkit <i>Steam</i>	92
8.3. Unit Penyedia Udara Instrumen	93
8.3.1. Perhitungan Kebutuhan Udara	93
8.3.2. Perhitungan Bejana Pengering	93
8.3.3. Perhitungan Kompresor Udara Tekan	94
8.4. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik	95



8.5.	Unit Persiapan <i>Dowtherm-A</i>	98
8.6.	Unit Pengolahan Limbah.....	98
8.6.1.	Pengolahan Limbah Cair	99
8.6.2.	Pengolahan Limbah Padat	102
8.6.3.	Pengolahan Limbah Gas	102
BAB 9.	TATA LETAK PABRIK.....	103
9.1.	Tata Letak Pabrik	103
9.2.	Tata Letak Alat Proses	105
BAB 10.	PERTIMBANGAN ASPEK KESELAMATAN, KESEHATAN KERJA, DAN LINGKUNGAN.....	109
10.1.	Konsep <i>Safety, Health, and Environment</i> (SHE)	109
10.1.1.	<i>Safety</i>	109
10.1.2.	<i>Health</i>	110
10.1.3.	<i>Environment</i>	110
10.2.	<i>Process Safety Management</i> (PSM)	111
10.3.	<i>Environment Management System</i> (EMS)	118
10.4.	Struktur Organisasi SHE	122
10.5.	Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan.....	124
10.6.	Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia dan Fisis.....	134
10.7.	Identifikasi <i>Hazard</i> Limbah	138
10.8.	Identifikasi <i>Hazard</i> Proses	143
10.9.	<i>Process Hazard Analysis</i>	175
BAB 11.	MANAJEMEN DAN ORGANISASI	193
11.1.	Bentuk Perusahaan	193
11.2.	Struktur Organisasi.....	193
11.3.	Tugas dan Wewenang	196
11.4.	Pembagian Jam Kerja.....	203
11.5.	Sistem Penggajian Karyawan.....	204
11.6.	Penggolongan Jabatan	206
11.7.	Kesejahteraan Sosial Karyawan	206
11.8.	Manajemen Produksi.....	208
BAB 12.	EVALUASI EKONOMI	211
12.1.	Perhitungan Indeks Harga	211
12.2.	Perhitungan Harga Alat Proses dan Utilitas	213



12.3. Perhitungan Biaya <i>Raw Material</i> , <i>Sales</i> , dan Bahan Penunjang Utilitas	219
12.4. Perhitungan Biaya Pekerja Pembangunan Pabrik	221
12.5. Perhitungan Penggajian Karyawan Operator	222
12.6. Perhitungan <i>Fixed Capital</i>	224
12.7. Perhitungan <i>Manufacturing Cost</i>	225
12.8. Perhitungan <i>Working Capital</i>	226
12.9. Perhitungan <i>General Expense</i>	227
12.10. Perhitungan Keuntungan	227
12.11. Analisis Kelayakan <i>Profitability</i>	228
12.12. Analisis Sensitivitas	233
BAB 13. KESIMPULAN.....	236
DAFTAR PUSTAKA	237
LAMPIRAN A. PERHITUNGAN ALAT PROSES	243
LAMPIRAN B. PERHITUNGAN DETAIL ALAT PROSES	443
LAMPIRAN C. PERHITUNGAN ALAT UTILITAS	567
LAMPIRAN D. PERHITUNGAN <i>CETANE NUMBER</i>	625

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Jumlah dan Nilai <i>Free on Board</i> (FOB) Ekspor <i>Crude Palm Oil</i> di Indonesia ...	1
Gambar 1. 2. Poin Pokok <i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs).....	3
Gambar 1. 3. Komponen <i>Crude Palm Oil</i> (CPO).....	4
Gambar 1. 4. Skema Reaksi Deoksigenasi Trigliserida.....	7
Gambar 1. 5. Skema Kemungkinan Reaksi Lanjutan pada Reaksi Deoksigenasi	7
Gambar 1. 6. Skema Proses <i>Ecofining</i> dari UOP dan ENI	8
Gambar 1. 7. Diagram Alir Blok Proses NExBTL	10
Gambar 1. 8. Produksi CPO dan Luas Perkebunan Kelapa Sawit.....	12
Gambar 1. 9. Volume Ekspor CPO dan Nilai Ekspor CPO Indonesia.....	13
Gambar 1. 10. Cadangan Minyak Bumi di Indonesia.....	14
Gambar 1. 11. Persebaran Cadangan Minyak Bumi di Indonesia Tahun 2022	14
Gambar 1. 12. Konsumsi Minyak Solar di Indonesia.....	15
Gambar 1. 13. Konsumsi Minyak Diesel di Indonesia	15
Gambar 1. 14. Hasil Pengolahan Minyak Mentah Menjadi Minyak Solar.....	16
Gambar 1. 15. Jumlah Impor Bahan Bakar Minyak Solar.....	17
Gambar 1. 16. Kawasan Industri <i>Refinery Unit</i> III Plaju.....	20
Gambar 1. 17. Lokasi Pendirian Pabrik <i>Green Diesel</i>	21
Gambar 1. 18. Peta Persebaran Perusahaan Perkebunan Kelapa Sawit di Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2020	22
Gambar 1. 19. Peta Provinsi Sumatra Selatan	25
Gambar 4. 1. Diagram Blok Kualitatif Pabrik <i>Green Diesel</i> dari <i>Crude Palm Oil</i> (CPO).....	34
Gambar 4. 2. Diagram Blok Kuantitatif Pabrik <i>Green Diesel</i> dari <i>Crude Palm Oil</i> (CPO)....	35
Gambar 4. 3. <i>Process Engineering Flow Diagram</i> Pabrik <i>Green Diesel</i> dari <i>Crude Palm Oil</i> dengan Kapasitas 580.000 Ton/Tahun	36
Gambar 8. 1. Diagram Alir Proses Unit Pengolahan Air	91
Gambar 8. 2. Diagram Alir Penyedia Udara Instrumen.....	95
Gambar 8. 3. Diagram Alir Persiapan <i>Dowtherm-A</i>	98
Gambar 8. 4. Diagram Alir Proses pada Unit Pengolahan Limbah Cair	101
Gambar 9. 1. <i>Layout</i> Pabrik <i>Green Diesel</i>	104
Gambar 9. 2. Jarak Antar Tangki Penyimpanan.....	105
Gambar 9. 3. Jarak Antar Unit Pabrik.....	106



Gambar 9. 4. Jarak Antar Alat Pabrik	106
Gambar 9. 5. Tata Letak Alat-Alat Unit Proses Pabrik <i>Green Diesel</i>	107
Gambar 9. 6. Tata Letak Tangki Penyimpanan Pabrik <i>Green Diesel</i>	108
Gambar 10. 1. Unit Reaktor Hidrodeoksigenasi (R-201) sebelum HAZOP	176
Gambar 10. 2. Unit Reaktor Hidrodeoksigenasi (R-201) setelah HAZOP	189
Gambar 10. 3. Skema Lapisan Perlindungan (LOPA)	190
Gambar 11. 1. Struktur Organisasi Pabrik	195
Gambar 12. 1. Kurva Hubungan indeks CEP terhadap Tahun 1963 - 2019	212
Gambar 12. 2. <i>BEP and SDP Chart</i>	233
Gambar 12. 3. <i>Spider Plot</i> untuk Analisis Sensitivitas	234
Gambar A. 1. Skema Dimensi <i>Torispherical Head</i>	267
Gambar A. 2. Grafik <i>Power Number</i> vs Bilangan Reynolds	272
Gambar A. 3. <i>Flue Gas Rate</i>	285
Gambar A. 4. Efisiensi Absorpsi pada <i>Tube Bank</i>	290
Gambar A. 5. Tekanan Parsial CO ₂ dan H ₂ O	292
Gambar A. 6. Emisivitas Gas	293
Gambar A. 7. Faktor Perubahan Radian Keseluruhan	293
Gambar A. 8. <i>Radiant Section Heat Flux</i>	294
Gambar A. 9. <i>Heat Content</i> pada <i>Radiant Section</i>	295
Gambar A. 10. <i>Heat Content</i> pada <i>Flue Gas</i>	297
Gambar A. 11. Koefisien Konveksi pada <i>Flue Gas</i>	299
Gambar A. 12. Koefisien Radiasi pada <i>Flue Gas</i>	300
Gambar A. 13. Koefisien Radiasi pada Dinding <i>Tube</i>	300
Gambar A. 14. <i>Draft</i> pada <i>Stack</i>	303
Gambar A. 15. Densitas <i>Flue Gas</i>	303
Gambar A. 16. Model Neraca Massa Reaktor (R-202)	308
Gambar A. 17. Model Neraca Panas Reaktor (R-202)	310
Gambar A. 18. Model Neraca Panas Pendingin pada Reaktor (R-202)	311
Gambar A. 19. Kurva Faktor Uap-Cair terhadap Konstanta <i>Flooding</i> pada <i>Top Section</i>	331
Gambar A. 20. Kurva Faktor Uap-Cair terhadap Konstanta <i>Flooding</i> pada <i>Bottom Section</i>	335
Gambar A. 21. Ilustrasi <i>Torispherical Head</i> dan <i>Bottom</i> Akumulator	360
Gambar A. 22. Skema Pompa (P-101 A/B)	401
Gambar A. 23. Skema Pompa (P-102 A/B)	411
Gambar A. 24. Skema Pompa (P-103 A/B)	413



Gambar A. 25. Skema Pompa (P-104 A/B)	415
Gambar A. 26. Skema Pompa (P-105 A/B)	417
Gambar A. 27. Skema Pompa (P-106 A/B)	419
Gambar A. 28. Skema Pompa (P-107 A/B)	421
Gambar A. 29. Skema Pompa (P-108 A/B)	423
Gambar A. 30. Skema Pompa (P-202 A/B)	425
Gambar A. 31. Skema Pompa (P-301 A/B)	427
Gambar A. 32. Skema Pompa (P-302 A/B)	429
Gambar A. 33. Skema Pompa (P-001 A/B)	431
Gambar A. 34. Skema Pompa (P-002 A/B)	433
Gambar A. 35. Skema Pompa (P-003 A/B)	435
Gambar A. 36. Skema Pompa (P-004 A/B)	437
Gambar A. 37. Skema Pompa (P-005 A/B)	439
Gambar A. 38. Skema Pompa (P-006 A/B)	441
Gambar B. 1. Skema Pompa (P-201 A/B)	444
Gambar B. 2. Kurva <i>Relative Roughness</i>	450
Gambar B. 3. Kurva Faktor Friksi	450
Gambar B. 4. Efisiensi Pompa	452
Gambar B. 5. Model Neraca Massa Reaktor (R-201)	460
Gambar B. 6. Model Neraca Panas Reaktor (R-201)	463
Gambar B. 7. Model Neraca Panas Pendingin pada Reaktor (R-201)	464
Gambar B. 8. Profil Konversi Reaktan di Sepanjang Reaktor	467
Gambar B. 9. Profil Suhu di Sepanjang Reaktor	467
Gambar B. 10. Profil Tekanan di Sepanjang Reaktor	467
Gambar B. 11. Skema <i>Hemispherical Head</i>	473
Gambar B. 12. Skema Profil Suhu pada Isolasi	478
Gambar B. 13. Skema Hambatan Perpindahan Panas	478
Gambar B. 14. Detail <i>Mechanical Design</i> Reaktor (R-201)	482
Gambar B. 15. Profil Suhu <i>Heat Exchanger</i> (E-304)	497
Gambar B. 16. Desain <i>Heat Exchanger</i> (E-304)	510
Gambar B. 17. Hubungan Refluks Ratio dengan Jumlah Plate	524
Gambar B. 18. Neraca Massa Rectifying Stage	527
Gambar B. 19. Neraca Massa Stripping Stage	528
Gambar B. 20. Neraca Massa <i>Rectifying Section</i>	531



Gambar B. 21. Neraca Massa <i>Stage</i> ke-1	532
Gambar B. 22. Konstanta Flooding pada <i>Sieve Plate</i>	545
Gambar B. 23. Perbandingan Luas <i>Downcomer</i> dan <i>Weir</i>	548
Gambar B. 24. Konstanta <i>Weep Point</i>	549
Gambar B. 25. Koefisien <i>Discharge</i>	550
Gambar B. 26. <i>Downcomer Design</i>	551
Gambar B. 27. Faktor <i>Entrainment</i>	553
Gambar B. 28. Hubungan L_h/D_c dan L_w/D_c	554
Gambar B. 29. Hubungan <i>Hole Area</i> dan <i>Pitch</i>	555
Gambar B. 30. Tranfer Panas Pada Dinding Shell	559
Gambar B. 31. Desain Kolom Distilasi T-301 Tampak Atas Terbuka	565
Gambar B. 32. Desain Kolom Distilasi T-301 Tampak Depan	566
Gambar C. 1. Skema <i>Clarifier</i>	570
Gambar C. 2. Skema <i>Cooling Tower</i>	575
Gambar C. 3. Entalpi Campuran Udara – Uap Air	578
Gambar C. 4. Grafik Kecepatan Alir Air Pendingin Pada Kondisi Operasi	579
Gambar C. 5. Kurva Daya untuk <i>Counterflow Induced Draft Cooling Tower</i>	583
Gambar C. 6. Data Perancangan untuk <i>Ion Exchanger</i>	584
Gambar C. 7. Data Perancangan untuk <i>Ion Exchanger</i>	586
Gambar C. 8. Skema <i>Activated Carbon Filter</i>	588
Gambar C. 9. Kurva Faktor Aliran Uap-Cair terhadap Konstanta <i>Flooding</i>	591
Gambar C. 10. Skema <i>Steam Boiler</i>	594
Gambar D. 1. Struktur Iso-Setana dan Setana	626

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Perbandingan Spesifikasi Bahan Bakar Diesel	5
Tabel 1. 2. Perbandingan Kualitas Bahan Bakar Diesel	11
Tabel 1. 3. Produksi, Konsumsi, Impor, dan Ekspor Minyak Solar di Indonesia	17
Tabel 1. 4. Perusahaan Produsen <i>Green Diesel</i> di Dunia dan Kapasitas Produksi	18
Tabel 1. 5. Target Produksi <i>Green Diesel</i> (D-100) PT PERTAMINA	19
Tabel 1. 6. Perhitungan Unit Satuan Kapasitas Pabrik <i>Green Diesel</i> dari CPO	19
Tabel 1. 7. Harga CPO dan <i>Green Diesel</i>	20
Tabel 1. 8. Total Produksi <i>Crude Palm Oil</i> di Provinsi Sumatra Selatan	21
Tabel 1. 9. Sarana Transportasi Laut <i>Refinery Unit</i> (RU) III Plaju Tahun 2020.....	22
Tabel 5. 1. Neraca Massa Keseluruhan	37
Tabel 5. 2. Neraca Massa <i>Mixer</i> (V-101)	37
Tabel 5. 3. Neraca Massa <i>Mixer</i> (V-102)	38
Tabel 5. 4. Neraca Massa <i>Mixer</i> (V-103)	38
Tabel 5. 5. Neraca Massa Dekanter (V-104)	39
Tabel 5. 6. Neraca Massa Reaktor Hidrodeoksigenasi (R-201).....	40
Tabel 5. 7. Neraca Massa Separator (V-201)	40
Tabel 5. 8. Neraca Massa Reaktor Isomerisasi (R-202).....	41
Tabel 5. 9. Neraca Massa Separator (V-202)	42
Tabel 5. 10. Neraca Massa Kolom Distilasi (T-301).....	43
Tabel 5. 11. Neraca Massa Akumulator (V-301).....	44
Tabel 5. 12. Neraca Massa Reboiler (E-303).....	44
Tabel 5. 13. Neraca Massa <i>Splitting Point</i> 1 (Gas Hidrogen).....	45
Tabel 5. 14. Neraca Massa <i>Mixing Point</i> 1 (<i>Off-Gas</i>).....	45
Tabel 6. 1. Neraca Panas Keseluruhan	46
Tabel 6. 2. Neraca Panas <i>Mixer</i> (V-101)	46
Tabel 6. 3. Neraca Panas <i>Mixer</i> (V-102).....	47
Tabel 6. 4. Neraca Panas <i>Mixer</i> (V-103)	47
Tabel 6. 5. Neraca Panas Dekanter (V-104).....	48
Tabel 6. 6. Neraca Panas <i>Furnace</i> (H-201).....	49
Tabel 6. 7. Neraca Panas Reaktor Hidrodeoksigenasi (R-201).....	49
Tabel 6. 8. Neraca Panas Separator (V-201)	50



Tabel 6. 9. Neraca Panas Reaktor Isomerisasi (R-202).....	50
Tabel 6. 10. Neraca Panas Separator (V-202)	51
Tabel 6. 11. Neraca Panas Kolom Distilasi (T-301).....	52
Tabel 6. 12. Neraca Panas Kondensor (E-301)	53
Tabel 6. 13. Neraca Panas Akumulator (V-301)	54
Tabel 6. 14. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (E-302).....	54
Tabel 6. 15. Neraca Panas <i>Reboiler</i> (E-303).....	55
Tabel 6. 16. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (E-304).....	55
Tabel 6. 17. Neraca Panas <i>Splitting Point</i> 1 (Gas Hidrogen)	56
Tabel 6. 18. Neraca Panas <i>Mixing Point</i> 1 (<i>Off-Gas</i>).....	56
Tabel 7. 1. Spesifikasi Pompa (P-101 A/B)	60
Tabel 7. 2. Spesifikasi Pompa (P-102 A/B)	61
Tabel 7. 3. Spesifikasi Pompa (P-103 A/B)	62
Tabel 7. 4. Spesifikasi Pompa (P-104 A/B)	63
Tabel 7. 5. Spesifikasi Pompa (P-105 A/B)	64
Tabel 7. 6. Spesifikasi Pompa (P-106 A/B)	65
Tabel 7. 7. Spesifikasi Pompa (P-107 A/B)	66
Tabel 7. 8. Spesifikasi Pompa (P-108 A/B)	67
Tabel 7. 9. Spesifikasi Pompa (P-201 A/B)	68
Tabel 7. 10. Spesifikasi Pompa (P-202 A/B)	69
Tabel 7. 11. Spesifikasi Pompa (P-301 A/B)	70
Tabel 7. 12. Spesifikasi Pompa (P-302 A/B)	71
Tabel 7. 13. Spesifikasi Kondensor (E-301)	76
Tabel 7. 14. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-302).....	77
Tabel 7. 15. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (E-303).....	78
Tabel 7. 16. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-304)	79
Tabel 7. 17. Spesifikasi Furnace (H-201)	81
Tabel 8. 1. Kebutuhan Air Keperluan Umum	85
Tabel 8. 2. Kebutuhan Air Pendingin.....	86
Tabel 8. 3. Kebutuhan <i>Boiler Feed Water</i>	86
Tabel 8. 4. Dimensi Alat Pengolahan Air.....	90
Tabel 8. 5. Kebutuhan Listrik Unit Proses	95
Tabel 8. 6. Kebutuhan Listrik Unit Utilitas.....	96
Tabel 8. 7. Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Industri Oleokimia	101



Tabel 10. 1. Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Baku Proses dan Utilitas	124
Tabel 10. 2. Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia.....	134
Tabel 10. 3. Identifikasi Potensi Paparan Fisis	136
Tabel 10. 4. Identifikasi <i>Hazard</i> Limbah Padat	138
Tabel 10. 5. Identifikasi <i>Hazard</i> Limbah Cair	139
Tabel 10. 6. Identifikasi <i>Hazard</i> Emisi Gas	141
Tabel 10. 7. Identifikasi <i>Hazard</i> Alat Proses dan Utilitas	143
Tabel 10. 8. Identifikasi <i>Hazard Plant Layout</i> dan Lokasi Proses.....	172
Tabel 11. 1. Jumlah Operator Setiap Alat	202
Tabel 11. 2. Daftar Pembagian Jam Kerja Karyawan Shift	204
Tabel 11. 3. Perincian Jumlah dan Gaji Karyawan	205
Tabel 12. 1. Data <i>Chemical Engineering Plant Cost Index</i> (CEPCI) Tahun 1963 – 2019	211
Tabel 12. 2. Hasil Perhitungan Ekstrapolasi Nilai Indeks CEP	213
Tabel 12. 3. Hasil Perhitungan Harga Alat Proses	214
Tabel 12. 4. Hasil Perhitungan Harga Alat Utilitas.....	216
Tabel 12. 5. Perhitungan Jumlah Operator Setiap Alat	222
Tabel 12. 6. <i>Fixed Capital</i>	224
Tabel 12. 7. <i>Manufacturing Cost</i>	225
Tabel 12. 8. <i>Working Capital</i>	226
Tabel 12. 9. <i>General Expense</i>	227
Tabel A. 1. Densitas Komponen pada Tangki Penyimpanan (TK-101).....	244
Tabel A. 2. Perhitungan Tebal <i>Shell</i> Tangki Penyimpanan (TK-101).....	248
Tabel A. 3. Spesifikasi Tangki Penyimpanan (TK-101)	250
Tabel A. 4. Spesifikasi Tangki Penyimpanan (TK-102)	252
Tabel A. 5. Spesifikasi Tangki Penyimpanan (TK-103)	254
Tabel A. 6. Spesifikasi Tangki Penyimpanan (TK-104)	256
Tabel A. 7. Spesifikasi Tangki Penyimpanan (TK-301)	258
Tabel A. 8. Spesifikasi Tangki Penyimpanan (TK-302)	260
Tabel A. 9. Densitas Komponen pada <i>Mixer</i> (V-101).....	262
Tabel A. 10. Neraca Massa <i>Mixer</i> (V-101)	263
Tabel A. 11. Perhitungan Kebutuhan Pemanas pada <i>Mixer</i> (V-101)	275
Tabel A. 12. Perhitungan Panas Arus Masuk <i>Furnace</i> (H-201)	283
Tabel A. 13. Perhitungan Panas Arus Keluar <i>Furnace</i> (H-201)	283
Tabel A. 14. Stoikiometri Reaksi Pembakaran pada <i>Furnace</i> (H-201)	287



Tabel A. 15. Spesifikasi <i>Furnace</i> (H-201)	306
Tabel A. 16. Konstanta Antoine Setiap Komponen	314
Tabel A. 17. Koefisien Viskositas Cairan Setiap Komponen.....	315
Tabel A. 18. Distribusi Massa Setiap Arus	316
Tabel A. 19. Distribusi Mol Setiap Arus	316
Tabel A. 20. Kondisi Umpan Menara Distilasi (T-301)	318
Tabel A. 21. Kondisi Atas (Kondenser)	319
Tabel A. 22. Kondisi Bawah (<i>Reboiler</i>).....	319
Tabel A. 23. Hasil Perhitungan Nilai <i>Relative Volatility</i> (α) Setiap Komponen	321
Tabel A. 24. Hasil Perhitungan Nilai θ	323
Tabel A. 25. Hasil Perhitungan Nilai Refluks Minimum (R_m)	323
Tabel A. 26. Hasil Perhitungan Viskositas Cairan	325
Tabel A. 27. Hasil Perhitungan Densitas Cairan pada <i>Top Section</i>	329
Tabel A. 28. Hasil Perhitungan Densitas Uap pada <i>Top Section</i>	330
Tabel A. 29. Hasil Perhitungan Densitas Cairan pada <i>Bottom Section</i>	332
Tabel A. 30. Hasil Perhitungan Densitas Uap pada <i>Bottom Section</i>	333
Tabel A. 31. Hasil Perhitungan Diameter Kolom Distilasi	336
Tabel A. 32. Komponen Arus Umpan Decanter	337
Tabel A. 33. Konstanta Densitas Umpan Decanter.....	338
Tabel A. 34. Densitas Campuran Umpan Decanter	338
Tabel A. 35. Konstanta Viskositas Umpan Decanter	339
Tabel A. 36. Viskositas Campuran Umpan Decanter.....	339
Tabel A. 37. Komposisi Arus Keluar Decanter	340
Tabel A. 38. <i>Physical Properties</i> Fasa Ringan Decanter	341
Tabel A. 39. <i>Physical Properties</i> Fasa Berat Decanter	341
Tabel A. 40. Hasil Nilai θ	342
Tabel A. 41. Pengaruh Nilai Reynold Terhadap Proses Pemisahan.....	345
Tabel A. 42. Spesifikasi <i>Decanter</i> (V-104)	346
Tabel A. 43. Komponen Cair Umpan Separator (V-201).....	347
Tabel A. 44. Komponen Uap Umpan Separator (V-201).....	347
Tabel A. 45. Konstanta Densitas Cairan Separator (V-201).....	348
Tabel A. 46. Densitas Campuran Larutan Separator (V-201)	348
Tabel A. 47. Konstanta Densitas Uap Separator (V-201).....	349



Tabel A. 48. Densitas Campuran Uap Separator (V-201)	350
Tabel A. 49. Spesifikasi Separator Drum (V-201)	353
Tabel A. 50. Komponen Cair Umpan Separator (V-202).....	354
Tabel A. 51. Komponen Uap Umpan Separator (V-202)	355
Tabel A. 52. Spesifikasi Separator Drum (V-202)	355
Tabel A. 53. Konstanta Persamaan Densitas Cairan di Akumulator.....	357
Tabel A. 54. Densitas Cairan Campuran Green Diesel di Akumulator.....	358
Tabel A. 55. Spesifikasi Akumulator (V-301).....	363
Tabel A. 56. Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Kondenser	365
Tabel A. 57. <i>Layout Double Pipe</i> Kondenser	367
Tabel A. 58. Spesifikasi Kondenser (E-301).....	370
Tabel A. 59. Perhitungan Kapasitas Panas Campuran di E-302	373
Tabel A. 60. <i>Layout Double Pipe Heat Exchanger</i> (E-302)	375
Tabel A. 61. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-302).....	378
Tabel A. 62. Konstanta Perhitungan Panas Sensibel Reboiler.....	381
Tabel A. 63. Konstanta dan Suhu Kritis Perhitungan H_{vap}	382
Tabel A. 64. Perhitungan Panas pada Uap (Arus V').....	383
Tabel A. 65. Perhitungan Panas pada Arus Distilat	383
Tabel A. 66. Perhitungan Panas pada Arus L'	384
Tabel A. 67. Perhitungan Panas pada Arus <i>Feed</i>	385
Tabel A. 68. Perhitungan Panas pada Arus <i>Bottom</i>	385
Tabel A. 69. Perhitungan kapasitas panas campuran umpan reboiler.	386
Tabel A. 70. Perhitungan ΔT_{LMTD} Reboiler.....	387
Tabel A. 71. <i>Layout</i> Reboiler	389
Tabel A. 72. Spesifikasi Reboiler (E-303)	392
Tabel A. 73. Komponen Arus Umpan Expansion Valve (EV-101).....	393
Tabel A. 74. Konstanta Densitas Umpan EV-101	394
Tabel A. 75. Densitas Campuran Umpan EV-101.....	395
Tabel A. 76. Konstanta Viskositas Umpan EV-101	396
Tabel A. 77. Viskositas Campuran Umpan EV-101	397
Tabel A. 78. Hubungan <i>Flow Coefficient</i> (C_v) dengan <i>Diameter Orifice</i> (D_o).....	399
Tabel A. 79. Spesifikasi <i>Expansion Valve</i> (EV-101)	400
Tabel A. 80. Data Perhitungan Viskositas Komponen Pompa (P-101 A/B)	402
Tabel A. 81. Perhitungan Viskositas Komponen Campuran Pompa (P-101 A/B)	402



Tabel A. 82. Data Perhitungan Densitas Komponen Pompa (P-101 A/B).....	403
Tabel A. 83. Perhitungan Densitas Komponen Campuran Pompa (P-101 A/B).....	403
Tabel A. 84. Data Perhitungan Tekanan Uap Komponen Pompa (P-101 A/B)	404
Tabel A. 85. Perhitungan Tekanan Uap Komponen Pompa (P-101 A/B)	405
Tabel A. 86. Spesifikasi Pipa Pompa (P-101 A/B).....	405
Tabel A. 87. Data Perhitungan Head Total Pompa (P-101 A/B).....	406
Tabel A. 88. Spesifikasi Pompa (P-101 A/B).....	409
Tabel A. 89. Spesifikasi Pompa (P-102 A/B).....	412
Tabel A. 90. Spesifikasi Pompa (P-103 A/B).....	414
Tabel A. 91. Spesifikasi Pompa (P-104 A/B).....	416
Tabel A. 92. Spesifikasi Pompa (P-105 A/B).....	417
Tabel A. 93. Spesifikasi Pompa (P-106 A/B).....	419
Tabel A. 94. Spesifikasi Pompa (P-107 A/B).....	421
Tabel A. 95. Spesifikasi Pompa (P-108 A/B).....	423
Tabel A. 96. Spesifikasi Pompa (P-202 A/B).....	425
Tabel A. 97. Spesifikasi Pompa (P-301 A/B).....	427
Tabel A. 98. Spesifikasi Pompa (P-302 A/B).....	429
Tabel A. 99. Spesifikasi Pompa (P-001 A/B).....	431
Tabel A. 100. Spesifikasi Pompa (P-002 A/B).....	433
Tabel A. 101. Spesifikasi Pompa (P-003 A/B).....	435
Tabel A. 102. Spesifikasi Pompa (P-004 A/B).....	437
Tabel A. 103. Spesifikasi Pompa (P-005 A/B).....	439
Tabel A. 104. Spesifikasi Pompa (P-006 A/B).....	441
Tabel B. 1. Data Laju Alir Massa Umpan Pompa (P-201 A/B)	444
Tabel B. 2. Perhitungan Densitas Campuran	445
Tabel B. 3. Perhitungan Viskositas Campuran.....	446
Tabel B. 4. Perhitungan Tekanan Uap Campuran	446
Tabel B. 5. Perhitungan <i>Friction Head</i> pada Pompa (P-201 A/B).....	451
Tabel B. 6. Spesifikasi Pompa (P-201 A/B).....	457
Tabel B. 7. Konstanta Kecepatan Reaksi dan Energi Aktivasi pada Reaktor (R-201)	460
Tabel B. 8. Sifat Fisis Komponen pada Reaktor (R-201)	466
Tabel B. 9. Hasil Simulasi <i>Python</i>	468
Tabel B. 10. Berat Molekul Campuran <i>Green Diesel</i> di E-304	498
Tabel B. 11. Konstanta Viskositas Cairan <i>Green Diesel</i> di E-304	499



Tabel B. 12. Viskositas Campuran <i>Green Diesel</i> di E-304	499
Tabel B. 13. Konstanta Konduktivitas Panas <i>Green Diesel</i> di E-304	500
Tabel B. 14. Konduktivitas Panas Campuran <i>Green Diesel</i> di E-304	500
Tabel B. 15. Konstanta Kapasitas Panas <i>Green Diesel</i> di E-304	501
Tabel B. 16. Kapasitas Panas Campuran <i>Green Diesel</i> di E-304	502
Tabel B. 17. Konstanta Densitas <i>Green Diesel</i> di E-304	503
Tabel B. 18. Densitas Campuran <i>Green Diesel</i> di E-304	503
Tabel B. 19. Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Umpan E-304	504
Tabel B. 20. <i>Layout Heat Exchanger Shell and Tube</i> (E-304)	506
Tabel B. 21. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-304)	510
Tabel B. 22. Konstanta Antoine Setiap Komponen	513
Tabel B. 23. Koefisien Viskositas Cairan Setiap Komponen	514
Tabel B. 24. Distribusi Massa Setiap Arus	515
Tabel B. 25. Distribusi Mol Setiap Arus	516
Tabel B. 26. Kondisi Umpan Menara Distilasi (T-301)	517
Tabel B. 27. Kondisi Atas (Kondenser)	518
Tabel B. 28. Kondisi Bawah (<i>Reboiler</i>)	519
Tabel B. 29. Hasil Perhitungan Nilai <i>Relative Volatility</i> (α) Setiap Komponen	520
Tabel B. 30. Hasil Perhitungan Nilai θ	521
Tabel B. 31. Hasil Perhitungan Nilai Refluks Minimum (R_m)	522
Tabel B. 32. Perhitungan Jumlah Stage Teoritis	524
Tabel B. 33. Hasil Perhitungan Viskositas Cairan	525
Tabel B. 34. Laju Alir dan Fraksi Mol <i>Feed</i> Kolom Distilasi	529
Tabel B. 35. Keseimbangan <i>Stage</i> ke-1	530
Tabel B. 36. Fraksi Uap <i>Stage</i> ke-2	532
Tabel B. 37. Neraca Panas Fase Uap pada <i>Stage</i> ke-1	533
Tabel B. 38. Neraca Panas Fase Cair pada <i>Stage</i> ke-1	534
Tabel B. 39. Keseimbangan <i>Stage</i> ke-2	535
Tabel B. 40. Keseimbangan <i>Stage</i> ke-11	535
Tabel B. 41. Keseimbangan <i>Stage</i> ke-N	537
Tabel B. 42. Fraksi Cair <i>Stage</i> ke-(N-1)	538
Tabel B. 43. Keseimbangan <i>Stage</i> ke-(N-1)	538
Tabel B. 44. Fraksi Cair <i>Stage</i> ke-(N-2)	539
Tabel B. 45. Neraca Panas Uap pada <i>Stage</i> ke-(N-1)	540



Tabel B. 46. Neraca Panas Uap pada <i>Stage</i> ke-(N-1)	540
Tabel B. 47. Keseimbangan <i>Stage</i> ke-(N-2)	541
Tabel B. 48. Konstanta Persamaan Densitas Cairan Komponen	542
Tabel B. 49. Konstanta Persamaan Surface Tension Komponen	544
Tabel B. 50. Hasil Perhitungan Diameter Kolom Distilasi	546
Tabel B. 51. <i>Flow Pattern</i> Kolom Distilasi	547
Tabel B. 52. Spesifikasi Plate Kolom Distilasi T-301	556
Tabel C. 1. Entalpi Campuran Udara – Uap Air pada Kondisi Jenuh.....	578
Tabel C. 2. Hasil Perhitungan Integrasi Ketinggian <i>Cooling Tower</i>	581
Tabel C. 3. Stoikiometri Reaksi Pembakaran pada <i>Boiler</i> (H-401)	598
Tabel C. 4. Spesifikasi Pompa (P-401 A/B).....	608
Tabel C. 5. Spesifikasi Pompa (P-002 A/B).....	609
Tabel C. 6. Spesifikasi Pompa (P-403 A/B).....	610
Tabel C. 7. Spesifikasi Pompa (P-404 A/B).....	611
Tabel C. 8. Spesifikasi Pompa (P-405 A/B).....	612
Tabel C. 9. Spesifikasi Pompa (P-406 A/B).....	613
Tabel C. 10. Spesifikasi Pompa (P-407 A/B).....	614
Tabel C. 11. Spesifikasi Pompa (P-408 A/B).....	615
Tabel C. 12. Spesifikasi Pompa (P-409 A/B).....	616
Tabel C. 13. Spesifikasi Pompa (P-410 A/B).....	617
Tabel C. 14. Spesifikasi Pompa (P-411 A/B).....	618
Tabel C. 15. Spesifikasi Pompa (P-412 A/B).....	619
Tabel C. 16. Spesifikasi Pompa (P-413 A/B).....	620
Tabel C. 17. Spesifikasi Pompa (P-414 A/B).....	621
Tabel C. 18. Spesifikasi Pompa (P-415 A/B).....	622
Tabel C. 19. Spesifikasi Pompa (P-416 A/B).....	623
Tabel C. 20. Spesifikasi Pompa (P-417 A/B).....	624
Tabel D. 1. Komposisi dan Laju Alir <i>Green Diesel</i>	626
Tabel D. 2. Persen Distilasi <i>Green Diesel</i> Standar ASTM D86.....	627



DAFTAR KODE DAN STANDAR

No.	Nama <i>Code/Standard</i>	Keterangan
1	API 650	TK-101, TK-102, TK-103, TK-104, TK-301, TK-302
2	ASME BPVC	R-201, R-202, T-301, TK-101, TK-102, TK-103, TK-104, TK-301, TK-302, V-101, V-102, V-103, V-104, V-201, V-202, V-301
3	ASME B36.10	EV-301, P-001, P-002, P-003, P-004, P-005, P-006, P-101, P-102, P-103, P-104, P-105, P-106, P-107, P-108, P-201, P-202, P-301, P-302
4	ASTM D86	T-301
5	ASTM D4737	Green diesel
6	BS 5500	V-301
7	ISO 14000	Environment Management System
8	NEMA	P-001, P-002, P-003, P-004, P-005, P-006, P-101, P-102, P-103, P-104, P-105, P-106, P-107, P-108, P-201, P-202, P-301, P-302, V-101, V-102, V-103, V-301
9	OSHA	R-201, R-202, TK-101
10	TEMA	R-201, R-202, T-301