Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PRAKATA iv
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xx
DAFTAR GAMBAR xxxi
INTISARI 35
ABSTRAK 36
BAB I PENDAHULUAN 37
1.1 LATAR BELAKANG 37
1.2 TINJAUAN PUSTAKA 39
1.2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) 39
1.2.2 Lignoselulosa sebagai Bahan Baku Pembuatan Asam Levulinat 39
1.2.3 Asam Levulinat (*Levulinic Acid*/LA) sebagai Produk Utama 42
1.2.4 Jalur Reaksi Pembentukan Asam Levulinat 43
1.2.5 Katalis Asam Sulfat 3%(H_2SO_4) 47
1.3 PEMILIHAN PROSES 48
1.3.1 Tahap *Pre-Treatment* 48
1.3.2 Tahap Sintesis 48
1.3.3 Tahap Pemurnian 53
1.3.4 PEMILIHAN PROSES DENGAN MATRIKS KEPUTUSAN 55
1.4 ANALISIS PASAR 59
1.4.1 POTENSI PASAR 59
1.4.2 KEBUTUHAN NASIONAL DAN SEGMENTASI PASAR 59
1.4.3 KAPASITAS PABRIK YANG SUDAH ADA 61
1.4.4 KAPASITAS OPTIMUM PABRIK 62
1.5 PENENTUAN LOKASI PABRIK 63
1.5.1 KETERSEDIAAN BAHAN BAKU 64
1.5.2 SARANA TRANSPORTASI DAN AKSESIBILITAS 64
1.5.3 UTILITAS 65
1.5.4 BAHAN BUANGAN DAN GANGGUAN LINGKUNGAN 66
1.5.5 BURUH (MAN POWER) 66
1.5.6 ANALISIS KEBENCANAAN 66

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

1.5.7 KEBIJAKAN PEMERINTAH 67
1.5.8 PERLUASAN DAERAH PABRIK 67
1.6 PEMILIHAN PROSES DAN PERTIMBANGANNYA 69
1.7 PEMILIHAN ALAT DAN PERTIMBANGANNYA 73
1.7.1 Alat Penyimpanan 73
1.7.2 Alat Transportasi 74
1.7.3 Alat Pengecilan Ukuran 75
1.7.4 Alat Sintesis 76
1.7.5 Alat Penukar Panas dan Tekanan 77
1.7.6 Alat Pemisahan 79
BAB II URAIAN PROSES 82
2.1 Tahap Pre-Treatment 82
2.2 Tahap Sintesis 84
2.3 Tahap Pemurnian 85
BAB III SPESIFIKASI BAHAN 87
3.1 Bahan Baku 87
3.1.1 Asam Sulfat 87
3.1.2 Sodium Hidroksida 87
3.1.3 Etil Asetat 88
3.1.4 Air 88
3.1.5 Tandan Kosong Kelapa Sawit 89
3.2 Produk 89
3.2.1 Produk Utama 89
3.3 Bahan Utilitas 90
3.3.1 Aluminium Sulfat 90
3.3.2 Kalsium Hidroksida 90
3.3.3 Natrium Hipoklorit 90
3.3.4 Asam Klorida 91
3.3.5 Natrium Hidroksida 91
3.3.6 Hydrazine 91
3.3.7 Low Sulfur Fuel Oil No. 6 92
3.3.8 Fuel Oil No. 2 (Diesel Oil) 92
3.3.9 Sodium Hexametaphosphate 92
BAB IV DIAGRAM BLOK DAN PEFD 93

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

4.1 *Block Flow Diagram* (BFD) Kualitatif 94
4.2 *Block Flow Diagram (*BFD) Kuantitatif 95
4.3 *Process Engineering Flow Diagram* (PEFD) 96
BAB V NERACA MASSA 97
5.1 Neraca Massa *Overall* 97
5.2 Neraca Massa Setiap Alat 97
5.2.1 *Shredder* (CR-101) 97
5.2.2 *Rotary Dryer* (RD-101) 98
5.2.3 *Cyclone* (CY-101) 98
5.2.4 *Hammer Mill* (CR-101) 98
5.2.5 *Mixer* Pelarutan NaOH (M-101) 99
5.2.6 *Pre-Mixer* (M-102) 99
5.2.7 Reaktor Delignifikasi (R-101) 99
5.2.8 *Flash drum* (FL-101) 100
5.2.9 *Rotary Drum Vacuum Filter* (F-101) 100
5.2.10 *Mixer* Pelarutan H_2SO_4 (M-201) 101
5.2.11 *Pre-Mixer* (M-202) 101
5.2.12 Reaktor Hidrolisis (R-201) 101
5.2.13 Reaktor Sintesis (R-202) 102
5.2.14 *Flash drum* (FL-201) 102
5.2.15 *Rotary Drum Vacuum Filter* (F-201) 103
5.2.16 Ekstraksi *Stage* 1 104
5.2.17 Ekstraksi *Stage* 2 104
5.2.18 Ekstraksi *Stage* 3 105
5.2.19 Menara Distilasi (MD-301) 105
5.2.20 Menara Distilasi (MD-302) 106
BAB VI NERACA PANAS 107
6.1 Keadaan Referensi 107
6.2 Neraca Panas *Overall* 107
6.3 Neraca Panas Per Alat 108
6.3.1 Neraca Panas HE-101 108
6.3.2 Neraca Panas RD-101 109
6.3.3 Neraca Panas M-101 109
6.3.4 Neraca Panas HE-102 109

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

6.3.5 Neraca Panas R-101 110
6.3.6 Neraca Panas HE-303 110
6.3.7 Neraca Panas HE-201 111
6.3.8 Neraca Panas F-101 111
6.3.9 Neraca Panas M-201 112
6.3.10 Neraca Panas M-202 112
6.3.11 Neraca Panas HE-202 112
6.3.12 Neraca Panas R-201 113
6.3.13 Neraca Panas HE-203 114
6.3.14 Neraca Panas R-202 114
6.3.15 Neraca Panas HE-204 115
6.3.16 Neraca Panas HE-301 115
6.3.17 Neraca Panas HE-302 116
6.3.18 Neraca Panas MD-301 116
6.3.19 Neraca Panas HE-303 116
6.3.20 Neraca Panas MD-302 117
6.3.21 Neraca Panas HE-304 117
6.3.22 Neraca Panas HE-305 117
6.3.23 Neraca Panas F-201 118
BAB VII SPESIFIKASI ALAT 119
7.1 Gudang TKKS (W-101) 119
7.2 Silo NaOH (S-101) 119
7.3 Tangki Penyimpanan H_2SO_4 (TP-201) 120
7.4 Tangki Penyimpanan Etil Asetat (TP-301) 120
7.5 Tangki Penyimpanan Asam Levulinat (TP-302) 121
7.6 *Belt Conveyor* (BC-101) 121
7.7 *Belt Conveyor* (BC-102) 122
7.8 *Belt Conveyor* (BC-103) 122
7.9 *Belt Conveyor* (BC-104) 122
7.10 *Belt Conveyor* (BC-105) 123
7.11 *Belt Conveyor* (BC-106) 123
7.12 Shredder (CR-101) 124
7.13 Hammer Mill (CR-102) 124
7.14 Screener (SC-101) 124

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

7.15 Screener (SC-102) 125
7.16 Elevator (E-101) 125
7.17 Elevator (E-102) 126
7.18 Rotary Dryer (RD-101) 126
7.19 Cyclone (CY-101) 127
7.20 Mixer Pelarutan NaOH (M-101) 127
7.21 Pre-Mixer (M-102) 128
7.22 Mixer Pengenceran H_2SO_4 (M-201) 129
7.23 Pre-Mixer (M-202) 129
7.24 Mixer Ekstraksi Stage 1 (M-303) 130
7.25 Mixer Ekstraksi Stage 2 (M-302) 131
7.26 Mixer Ekstraksi Stage 3 (M-301) 131
7.27 Reaktor Delignifikasi (R-101) 132
7.28 Reaktor Hidrolisis (R-201) 132
7.29 Reaktor Sintesis (R-202) 133
7.30 Flash Drum (FL-101) 133
7.31 Flash Drum (FL-201) 134
7.32 *Rotary Drum Vacuum Filter* (F-101) 134
7.33 *Rotary Drum Vacuum Filter* (F-201) 135
7.34 Dekanter Stage 3 (D-303) 136
7.35 Dekanter Stage 2 (D-302) 136
7.36 Dekanter Stage 1 (D-301) 137
7.37 Menara Distilasi (MD-301) 137
7.38 Menara Distilasi (MD-302) 138
7.39 *Accumulator* (ACC-301) 138
7.40 *Accumulator* (ACC-302) 139
7.41 *Throttling Valve* (V-101) 139
7.42 *Throttling Valve* (V-201) 140
7.43 *Throttling Valve* (V-202) 140
7.44 *Expansion Valve* (V-301) 140
7.45 *Expansion Valve* (V-302) 141
7.46 Pompa (P-101) 141
7.47 Pompa (P-102) 142
7.48 Pompa (P-103) 143

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

7.49 Pompa (P-201)....143
7.50 Pompa (P-202)....144
7.51 Pompa (P-203)....145
7.52 Pompa (P-204)....145
7.53 Pompa (P-301)....146
7.54 Pompa (P-302)....147
7.55 Pompa (P-303)....147
7.56 Pompa (P-304)....148
7.57 Pompa (P-305)....149
7.58 Pompa (P-306)....149
7.59 Pompa (P-307)....150
7.60 Pompa (P-308)....151
7.61 Pompa (P-309)....151
7.62 Pompa (P-310)....152
7.63 Pompa (P-311)....153
7.64 Pompa (P-312)....153
7.65 Pompa (P-313)....154
7.66 Pompa (P-314)....155
7.67 *Heat Exchanger* (HE-101) 156
7.68 *Heat Exchanger* (HE-102) 156
7.69 *Heat Exchanger* (HE-103) 157
7.70 *Heat Exchanger* (HE-201) 158
7.71 *Heat Exchanger* (HE-202) 159
7.72 *Heat Exchanger* (HE-203) 160
7.73 *Heat Exchanger* (HE-204) 161
7.74 *Heat Exchanger* (HE-301) 162
7.75 *Heat Exchanger* (HE-302) 162
7.76 *Heat Exchanger* (HE-303) 163
7.77 *Heat Exchanger* (HE-304) 164
7.78 *Heat Exchanger* (HE-305) 165
7.79 Reboiler (RB-301)....166
7.80 Reboiler (RB-302)....167
7.81 Condensor (CD-301)....167
7.82 Condensor (CD-301)....168

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

BAB VIII UTILITAS 170
8.1 Deskripsi Utilitas 170
8.2 Process *Flow* Diagram Utilitas 174
8.3 Kebutuhan Air 175
8.4 Sumber Air 178
8.5 Pengolahan Air 178
8.6 Unit Cooling Tower 185
8.6.1 Pemilihan Jenis Cooling Tower 185
8.6.2 Perhitungan Kebutuhan *Make Up Water* 186
8.6.3 Perhitungan Dimensi *Cooling Tower* 187
8.7 Unit Pembangkit *Steam* 198
8.8 Unit Pembangkit Listrik 204
8.9 Unit Penyedia Udara 210
8.10 Unit Pengolahan Limbah 216
BAB IX TATA LETAK PABRIK 223
9.1 Tata Letak Pabrik 223
9.2 Studi Dispersion 231
9.2.1 Menara Distilasi (MD-302) 232
9.2.2 Reaktor Hidrolisis (R-201) 234
9.3 Klasifikasi Area *Hazard*ous 236
9.3.1 Menara Distilasi (MD-302) 236
9.3.2 Reaktor Hidrolisis (R-201) 238
9.4 Analisis *Layout* 240
9.4.1 Menara Distilasi (MD-301) 240
9.4.2 Reaktor Hidrolisis (R-201) 241
BAB X ASPEK *SAFETY*, *HEALTH*, DAN *ENVIRONMENT* (SHE) 244
10.1 Sistem Manajemen SHE 244
10.2 *Process Safety Management* 245
10.3 Enviromental Management System 249
10.4 Identifikasi *Hazard* Bahan 256
10.5 Identifikasi *Hazard* Proses dan Peralatan 272
10.6 Identifikasi *Hazard* Limbah 329
10.8 Studi *Hazard* & *Operability* (HAZOP) 338
10.9 *Layer of Protection Analysis* (LOPA) 372

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

10.9.1 Skenario Bahaya 375
10.9.2 Analisis Proteksi Berlapis 377
10.9.3 Matriks LOPA dan Resiko Residual 378
BAB XII MANAJEMEN ORGANISASI PERUSAHAAN 379
12.1 Bentuk Perusahaan 379
12.2 Struktur Organisasi Perusahaan 380
12.3 Tugas dan Wewenang 381
12.4 Penentuan Jam Kerja Karyawan 390
12.5 Penentuan Kebutuhan Operator 391
12.6 Penggolongan Gaji Karyawan 393
12.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan 394
12.8 Manajemen Produksi 396
BAB XIII EVALUASI EKONOMI 399
13.1 Tingkat Risiko Pabrik 399
13.2 Perhitungan Indeks Harga 399
13.3 Perhitungan *Fixed Capital* 402
13.3.1 Perhitungan Harga Alat 402
13.3.2 Perhitungaan Harga Bahan 411
13.3.3 Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan 414
13.3.4 Perhitungan Biaya Pekerja 415
13.3.5 Perhitungan *Fixed Capital* 416
13.3.6 Perhitungan Faktor *Lang* 417
13.4 Perhitungan *Manufacturing Cost* 418
13.5 Perhitungan *Working Capital* 419
13.6 Perhitungan *General Expense* 420
13.7 Perhitungan Profit 420
13.8 *Profitability Analysis* 421
13.9 *Sensitivity Analysis* 428
BAB XIV KESIMPULAN 430
DAFTAR PUSTAKA 431
LAMPIRAN A (*DETAILED CALCULATION OF SELECTED EQUIPMENT*) 439
PEMBAGIAN PERANCANGAN ALAT 440
REAKTOR (R-201) 441
REAKTOR (R-202) 498

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

ROTARY DRYER (RD-101) 549
MENARA DISTILASI (MD-301) 582
HEAT EXCHANGER (HE-101) 626
HEAT EXCHANGER (HE-102) 636
HEAT EXCHANGER (HE-201) 649
HEAT EXCHANGER (HE-302) 663
POMPA (P-301) 675
POMPA (P-102) 683
POMPA P-203) 692
POMPA (P-204) 701
LAMPIRAN B (*QUICK CALCULATION OF ALL EQUIPMENT*) 710
GUDANG TKKS (W-101) 711
FLASH DRUM (FL-101) 714
FLASH DRUM (FL-201) 727
BELT CONVEYOR (BC-101) 735
BELT CONVEYOR (BC-102) 740
BELT CONVEYOR (BC-103) 741
BELT CONVEYOR (BC-104) 742
BELT CONVEYOR (BC-105) 743
BELT CONVEYOR (BC-106) 744
SHREDDER (CR-101) 745
HAMMER MILL (CR-102) 748
SCREENER (SC-101) 750
SCREENER (SC-102) 753
ELEVATOR (E-101) 756
ELEVATOR (E-102) 758
REAKTOR PFR (R-201) 760
MIXER (M-101) 795
PRE-MIXER (M-102) 807
MIXER (M-201) 809
PRE-MIXER (M-202) 811
MIXER (M-301) 813
Mixer (M-302) 815
Mixer (M-303) 817

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

DEKANTER (D-301) 819
DEKANTER (D-302) 823
DEKANTER (D-303) 828
RDVF (F-101) 834
RDVF (F-201) 847
MENARA DISTILASI (MD-301) 849
REAKTOR DELIGNIFIKASI (R-101) 867
REAKTOR ASAM LEVULINAT (R-202) 887
VALVE (V-201) 925
VALVE (V-202) 928
VALVE (V-101) 929
VALVE (V-301) 930
VALVE (V-302) 931
TANGKI PENYIMPANAN H_2SO_4 (TP-201) 935
TANGKI PENYIMPANAN ETIL ASETAT (TP-301) 939
TANGKI PENYIMPANAN ASAM LEVULINAT (TP-302) 940
SILO NaOH (S-101) 947
POMPA (P-204) 949
POMPA (P-101) 957
POMPA (P-102) 959
POMPA (P-103) 961
POMPA (P-201) 963
POMPA (P-202) 965
POMPA (P-203) 967
POMPA (P-301) 969
POMPA (P-302) 971
POMPA (P-303) 973
POMPA (P-304) 975
POMPA (P-305) 977
POMPA (P-306) 979
POMPA (P-307) 981
POMPA (P-308) 983
POMPA (P-309) 985
POMPA (P-310) 987

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

POMPA (P-311) 989
POMPA (P-312) 991
POMPA (P-313) 993
POMPA (P-314) 995
ROTARY DRYER (RD-101) 997
CYCLONE (CY-101) 1017
MENARA DISTILASI (MD – 302) 1022
HEAT EXCHANGER (HE-101) 1035
HEAT EXCHANGER (HE-102) 1047
HEAT EXCHANGER (HE-103) 1047
HEAT EXCHANGER (HE-201) 1048
HEAT EXCHANGER (HE-203) 1049
HEAT EXCHANGER (HE-301) 1050
HEAT EXCHANGER (HE-302) 1051
HEAT EXCHANGER (HE-202) 1052
HEAT EXCHANGER (HE-204) 1060
HEAT EXCHANGER (HE-303) 1061
HEAT EXCHANGER (HE-304) 1062
HEAT EXCHANGER (HE-305) 1063
CONDENSOR (CD-301) 1064
CONDENSOR (CD-302) 1066
REBOILER (RB-301) 1067
REBOILER (RB-302) 1068
ACCUMULATOR (ACC-301) 1069
ACCUMULATOR (ACC-302) 1070
LAMPIRAN C (PERHITUNGAN ALAT UTILITAS) 1072
SCRENEER SC-401 1073
BAK EKUALISASI B-401 1075
BAK SEDIMENTASI B-402 1076
MIXER KOAGULAN M-401 1078
CLARIFIER CL-401 1086
SAND FILTER F-401 1089
CARBON FILTER F-402 1090
MIXER *Antiscalant* M-402 1091

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Navira Amalia Indriani, Prof. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc., IPU
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

REVERSE OSMOSIS RO-401 1092
MIXER Disinfectant M-403 1094
COLD BASIN B-403 1095
HOT BASIN B-404 1096
CATION EXCHANGER CE-401 1097
ANION EXCHANGER AE-401 1101
DEAERATOR DA-401 1105
POMPA UTILITAS 1109
TANGKI PENYIMPANAN NaOCl TP-401 1119
TANGKI PENYIMPANAN AIR DESALINASI TP-402 1123
TANGKI PENYIMPANAN AIR UMUM TP-403 1124
TANGKI PENYIMPANAN HCl TP-404 1125
TANGKI PENYIMPANAN NaOH TP-405 1126
TANGKI PENYIMPANAN *HYDRAZINE* TP-406 1127
TANGKI PENYIMPANAN AIR DEMIN TP-407 1128
TANGKI PENYIMPANAN AIR UMPAN BOILER TP-408 1129
TANGKI PENYIMPANAN AIR KONDENSAT TP-409 1130
LAMPIRAN D (PERHITUNGAN NERACA MASSA) 1131