Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Sausan Yasinta Amanda, Prof. Dr. Ir. Aswati Minarlyanti, 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 vii
DAFTAR ISI xi
DAFTAR TABEL xxiii
DAFTAR GAMBAR xxxiii
INTISARI 37
ABSTRAK 38
BAB I PENDAHULUAN 39
1.1 LATAR BELAKANG 39
1.2 TINJAUAN PUSTAKA 41
1.2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) 41
1.2.2 Lignoselulosa sebagai Bahan Baku Pembuatan Asam Levulinat 41
1.2.3 Asam Levulinat (*Levulinic Acid*/LA) sebagai Produk Utama 44
1.2.4 Jalur Reaksi Pembentukan Asam Levulinat 45
1.2.5 Katalis Asam Sulfat 3%(H_2SO_4) 49
1.3 PEMILIHAN PROSES 50
1.3.1 Tahap *Pre-Treatment* 50
1.3.2 Tahap Sintesis 50
1.3.3 Tahap Pemurnian 55
1.3.4 PEMILIHAN PROSES DENGAN MATRIKS KEPUTUSAN 57
1.4 ANALISIS PASAR 61
1.4.1 POTENSI PASAR 61
1.4.2 KEBUTUHAN NASIONAL DAN SEGMENTASI PASAR 61
1.4.3 KAPASITAS PABRIK YANG SUDAH ADA 63
1.4.4 KAPASITAS OPTIMUM PABRIK 64
1.5 PENENTUAN LOKASI PABRIK 65
1.5.1 KETERSEDIAAN BAHAN BAKU 66
1.5.2 SARANA TRANSPORTASI DAN AKSESIBILITAS 66
1.5.3 UTILITAS 67
1.5.4 BAHAN BUANGAN DAN GANGGUAN LINGKUNGAN 68
1.5.5 BURUH (MAN POWER) 68
1.5.6 ANALISIS KEBENCANAAN 68

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Sausan Yasinta Amanda, Prof. Dr. Ir. Aswati Minarlyanti, 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 69
1.5.8 PERLUASAN DAERAH PABRIK 69
1.6 PEMILIHAN PROSES DAN PERTIMBANGANNYA 71
1.7 PEMILIHAN ALAT DAN PERTIMBANGANNYA 75
1.7.1 Alat Penyimpanan 75
1.7.2 Alat Transportasi 76
1.7.3 Alat Pengecilan Ukuran 77
1.7.4 Alat Sintesis 78
1.7.5 Alat Penukar Panas dan Tekanan 79
1.7.6 Alat Pemisahan 81
BAB II URAIAN PROSES 84
2.1 Tahap Pre-Treatment 84
2.2 Tahap Sintesis 86
2.3 Tahap Pemurnian 87
BAB III SPESIFIKASI BAHAN 89
3.1 Bahan Baku 89
3.1.1 Asam Sulfat 89
3.1.2 Sodium Hidroksida 89
3.1.3 Etil Asetat 90
3.1.4 Air 90
3.1.5 Tandan Kosong Kelapa Sawit 91
3.2 Produk 91
3.2.1 Produk Utama 91
3.3 Bahan Utilitas 92
3.3.1 Aluminium Sulfat 92
3.3.2 Kalsium Hidroksida 92
3.3.3 Natrium Hipoklorit 92
3.3.4 Asam Klorida 93
3.3.5 Natrium Hidroksida 93
3.3.6 Hydrazine 93
3.3.7 Low Sulfur Fuel Oil No. 6 94
3.3.8 Fuel Oil No. 2 (Diesel Oil) 94
3.3.9 Sodium Hexametaphosphate 94
BAB IV DIAGRAM BLOK DAN PEFD 95

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Sausan Yasinta Amanda, Prof. Dr. Ir. Aswati Minarlyanti, 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 96
4.2 *Block Flow Diagram (*BFD) Kuantitatif 97
4.3 *Process Engineering Flow Diagram* (PEFD) 98
BAB V NERACA MASSA 99
5.1 Neraca Massa *Overall* 99
5.2 Neraca Massa Setiap Alat 99
5.2.1 *Shredder* (CR-101) 99
5.2.2 *Rotary Dryer* (RD-101) 100
5.2.3 *Cyclone* (CY-101) 100
5.2.4 *Hammer Mill* (CR-101) 100
5.2.5 *Mixer* Pelarutan NaOH (M-101) 101
5.2.6 *Pre-Mixer* (M-102) 101
5.2.7 Reaktor Delignifikasi (R-101) 101
5.2.8 *Flash drum* (FL-101) 102
5.2.9 *Rotary Drum Vacuum Filter* (F-101) 102
5.2.10 *Mixer* Pelarutan H_2SO_4 (M-201) 103
5.2.11 *Pre-Mixer* (M-202) 103
5.2.12 Reaktor Hidrolisis (R-201) 103
5.2.13 Reaktor Sintesis (R-202) 104
5.2.14 *Flash drum* (FL-201) 104
5.2.15 *Rotary Drum Vacuum Filter* (F-201) 105
5.2.16 Ekstraksi *Stage* 1 106
5.2.17 Ekstraksi *Stage* 2 106
5.2.18 Ekstraksi *Stage* 3 107
5.2.19 Menara Distilasi (MD-301) 107
5.2.20 Menara Distilasi (MD-302) 108
BAB VI NERACA PANAS 109
6.1 Keadaan Referensi 109
6.2 Neraca Panas *Overall* 109
6.3 Neraca Panas Per Alat 110
6.3.1 Neraca Panas HE-101 110
6.3.2 Neraca Panas RD-101 111
6.3.3 Neraca Panas M-101 111
6.3.4 Neraca Panas HE-102 111

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Sausan Yasinta Amanda, Prof. Dr. Ir. Aswati Minarlyanti, 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-101 112
6.3.6 Neraca Panas HE-303 112
6.3.7 Neraca Panas HE-201 113
6.3.8 Neraca Panas F-101 113
6.3.9 Neraca Panas M-201 114
6.3.10 Neraca Panas M-202 114
6.3.11 Neraca Panas HE-202 114
6.3.12 Neraca Panas R-201 115
6.3.13 Neraca Panas HE-203 116
6.3.14 Neraca Panas R-202 116
6.3.15 Neraca Panas HE-204 117
6.3.16 Neraca Panas HE-301 117
6.3.17 Neraca Panas HE-302 118
6.3.18 Neraca Panas MD-301 118
6.3.19 Neraca Panas HE-303 118
6.3.20 Neraca Panas MD-302 119
6.3.21 Neraca Panas HE-304 119
6.3.22 Neraca Panas HE-305 119
6.3.23 Neraca Panas F-201 120
BAB VII SPESIFIKASI ALAT 121
7.1 Gudang TKKS (W-101) 121
7.2 Silo NaOH (S-101) 121
7.3 Tangki Penyimpanan H_2SO_4 (TP-201) 122
7.4 Tangki Penyimpanan Etil Asetat (TP-301) 122
7.5 Tangki Penyimpanan Asam Levulinat (TP-302) 123
7.6 *Belt Conveyor* (BC-101) 123
7.7 *Belt Conveyor* (BC-102) 124
7.8 *Belt Conveyor* (BC-103) 124
7.9 *Belt Conveyor* (BC-104) 124
7.10 *Belt Conveyor* (BC-105) 125
7.11 *Belt Conveyor* (BC-106) 125
7.12 Shredder (CR-101) 126
7.13 Hammer Mill (CR-102) 126
7.14 Screener (SC-101) 126

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Sausan Yasinta Amanda, Prof. Dr. Ir. Aswati Minarlyanti, 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) 127
7.16 Elevator (E-101) 127
7.17 Elevator (E-102) 128
7.18 Rotary Dryer (RD-101) 128
7.19 Cyclone (CY-101) 129
7.20 Mixer Pelarutan NaOH (M-101) 129
7.21 Pre-Mixer (M-102) 130
7.22 Mixer Pengenceran H_2SO_4 (M-201) 131
7.23 Pre-Mixer (M-202) 131
7.24 Mixer Ekstraksi Stage 1 (M-303) 132
7.25 Mixer Ekstraksi Stage 2 (M-302) 133
7.26 Mixer Ekstraksi Stage 3 (M-301) 133
7.27 Reaktor Delignifikasi (R-101) 134
7.28 Reaktor Hidrolisis (R-201) 134
7.29 Reaktor Sintesis (R-202) 135
7.30 Flash Drum (FL-101) 135
7.31 Flash Drum (FL-201) 136
7.32 *Rotary Drum Vacuum Filter* (F-101) 136
7.33 *Rotary Drum Vacuum Filter* (F-201) 137
7.34 Dekanter Stage 3 (D-303) 138
7.35 Dekanter Stage 2 (D-302) 138
7.36 Dekanter Stage 1 (D-301) 139
7.37 Menara Distilasi (MD-301) 139
7.38 Menara Distilasi (MD-302) 140
7.39 *Accumulator* (ACC-301) 140
7.40 *Accumulator* (ACC-302) 141
7.41 *Throttling Valve* (V-101) 141
7.42 *Throttling Valve* (V-201) 142
7.43 *Throttling Valve* (V-202) 142
7.44 *Expansion Valve* (V-301) 142
7.45 *Expansion Valve* (V-302) 143
7.46 Pompa (P-101) 143
7.47 Pompa (P-102) 144
7.48 Pompa (P-103) 145

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Sausan Yasinta Amanda, Prof. Dr. Ir. Aswati Minarlyanti, 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)....145
7.50 Pompa (P-202)....146
7.51 Pompa (P-203)....147
7.52 Pompa (P-204)....147
7.53 Pompa (P-301)....148
7.54 Pompa (P-302)....149
7.55 Pompa (P-303)....149
7.56 Pompa (P-304)....150
7.57 Pompa (P-305)....151
7.58 Pompa (P-306)....151
7.59 Pompa (P-307)....152
7.60 Pompa (P-308)....153
7.61 Pompa (P-309)....153
7.62 Pompa (P-310)....154
7.63 Pompa (P-311)....155
7.64 Pompa (P-312)....155
7.65 Pompa (P-313)....156
7.66 Pompa (P-314)....157
7.67 *Heat Exchanger* (HE-101) 158
7.68 *Heat Exchanger* (HE-102) 158
7.69 *Heat Exchanger* (HE-103) 159
7.70 *Heat Exchanger* (HE-201) 160
7.71 *Heat Exchanger* (HE-202) 161
7.72 *Heat Exchanger* (HE-203) 162
7.73 *Heat Exchanger* (HE-204) 163
7.74 *Heat Exchanger* (HE-301) 164
7.75 *Heat Exchanger* (HE-302) 164
7.76 *Heat Exchanger* (HE-303) 165
7.77 *Heat Exchanger* (HE-304) 166
7.78 *Heat Exchanger* (HE-305) 167
7.79 Reboiler (RB-301)....168
7.80 Reboiler (RB-302)....169
7.81 Condensor (CD-301)....169
7.82 Condensor (CD-301)....170

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

BAB VIII UTILITAS 172
8.1 Deskripsi Utilitas 172
8.2 Process *Flow* Diagram Utilitas 176
8.3 Kebutuhan Air 177
8.4 Sumber Air 180
8.5 Pengolahan Air 180
8.6 Unit Cooling Tower 187
8.6.1 Pemilihan Jenis Cooling Tower 187
8.6.2 Perhitungan Kebutuhan *Make Up Water* 188
8.6.3 Perhitungan Dimensi *Cooling Tower* 189
8.7 Unit Pembangkit *Steam* 200
8.8 Unit Pembangkit Listrik 206
8.9 Unit Penyedia Udara 212
8.10 Unit Pengolahan Limbah 218
BAB IX TATA LETAK PABRIK 225
9.1 Tata Letak Pabrik 225
9.2 Studi Dispersion 233
9.2.1 Menara Distilasi (MD-302) 234
9.2.2 Reaktor Hidrolisis (R-201) 236
9.3 Klasifikasi Area *Hazard*ous 238
9.3.1 Menara Distilasi (MD-302) 238
9.3.2 Reaktor Hidrolisis (R-201) 240
9.4 Analisis *Layout* 242
9.4.1 Menara Distilasi (MD-301) 242
9.4.2 Reaktor Hidrolisis (R-201) 243
BAB X ASPEK *SAFETY*, *HEALTH*, DAN *ENVIRONMENT* (SHE) 246
10.1 Sistem Manajemen SHE 246
10.2 *Process Safety Management* 247
10.3 Enviromental Management System 251
10.4 Identifikasi *Hazard* Bahan 258
10.5 Identifikasi *Hazard* Proses dan Peralatan 274
10.6 Identifikasi *Hazard* Limbah 331
10.8 Studi *Hazard* & *Operability* (HAZOP) 340
10.9 *Layer of Protection Analysis* (LOPA) 374

Prarancangan Pabrik Asam Levulinat dari Selulosa dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Sausan Yasinta Amanda, Prof. Dr. Ir. Aswati Minarlyanti, 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 377
10.9.2 Analisis Proteksi Berlapis 379
10.9.3 Matriks LOPA dan Resiko Residual 380
BAB XII MANAJEMEN ORGANISASI PERUSAHAAN 381
12.1 Bentuk Perusahaan 381
12.2 Struktur Organisasi Perusahaan 382
12.3 Tugas dan Wewenang 383
12.4 Penentuan Jam Kerja Karyawan 392
12.5 Penentuan Kebutuhan Operator 393
12.6 Penggolongan Gaji Karyawan 395
12.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan 396
12.8 Manajemen Produksi 398
BAB XIII EVALUASI EKONOMI 401
13.1 Tingkat Risiko Pabrik 401
13.2 Perhitungan Indeks Harga 401
13.3 Perhitungan *Fixed Capital* 404
13.3.1 Perhitungan Harga Alat 404
13.3.2 Perhitungaan Harga Bahan 412
13.3.3 Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan 415
13.3.4 Perhitungan Biaya Pekerja 416
13.3.5 Perhitungan *Fixed Capital* 417
13.3.6 Perhitungan Faktor *Lang* 418
13.4 Perhitungan *Manufacturing Cost* 419
13.5 Perhitungan *Working Capital* 420
13.6 Perhitungan *General Expense* 421
13.7 Perhitungan Profit 421
13.8 *Profitability Analysis* 422
13.9 *Sensitivity Analysis* 429
BAB XIV KESIMPULAN 431
DAFTAR PUSTAKA 432
LAMPIRAN A (*DETAILED CALCULATION OF SELECTED EQUIPMENT*) 440
PEMBAGIAN PERANCANGAN ALAT 441
REAKTOR (R-201) 442
REAKTOR (R-202) 499

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

ROTARY DRYER (RD-101) 550
MENARA DISTILASI (MD-301) 583
HEAT EXCHANGER (HE-101) 627
HEAT EXCHANGER (HE-102) 637
HEAT EXCHANGER (HE-201) 650
HEAT EXCHANGER (HE-302) 664
POMPA (P-301) 676
POMPA (P-102) 684
POMPA P-203) 693
POMPA (P-204) 702
LAMPIRAN B (*QUICK CALCULATION OF ALL EQUIPMENT*) 711
GUDANG TKKS (W-101) 712
FLASH DRUM (FL-101) 715
FLASH DRUM (FL-201) 728
BELT CONVEYOR (BC-101) 736
BELT CONVEYOR (BC-102) 741
BELT CONVEYOR (BC-103) 742
BELT CONVEYOR (BC-104) 743
BELT CONVEYOR (BC-105) 744
BELT CONVEYOR (BC-106) 745
SHREDDER (CR-101) 746
HAMMER MILL (CR-102) 749
SCREENER (SC-101) 751
SCREENER (SC-102) 754
ELEVATOR (E-101) 757
ELEVATOR (E-102) 759
REAKTOR PFR (R-201) 761
MIXER (M-101) 796
PRE-MIXER (M-102) 808
MIXER (M-201) 810
PRE-MIXER (M-202) 812
MIXER (M-301) 814
Mixer (M-302) 816
Mixer (M-303) 818

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

DEKANTER (D-301) 820
DEKANTER (D-302) 824
DEKANTER (D-303) 829
RDVF (F-101) 835
RDVF (F-201) 848
MENARA DISTILASI (MD-301) 850
REAKTOR DELIGNIFIKASI (R-101) 868
REAKTOR ASAM LEVULINAT (R-202) 888
VALVE (V-201) 926
VALVE (V-202) 929
VALVE (V-101) 930
VALVE (V-301) 931
VALVE (V-302) 932
TANGKI PENYIMPANAN H_2SO_4 (TP-201) 936
TANGKI PENYIMPANAN ETIL ASETAT (TP-301) 940
TANGKI PENYIMPANAN ASAM LEVULINAT (TP-302) 941
SILO NaOH (S-101) 948
POMPA (P-204) 950
POMPA (P-101) 958
POMPA (P-102) 960
POMPA (P-103) 962
POMPA (P-201) 964
POMPA (P-202) 966
POMPA (P-203) 968
POMPA (P-301) 970
POMPA (P-302) 972
POMPA (P-303) 974
POMPA (P-304) 976
POMPA (P-305) 978
POMPA (P-306) 980
POMPA (P-307) 982
POMPA (P-308) 984
POMPA (P-309) 986
POMPA (P-310) 988

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

POMPA (P-311) 990
POMPA (P-312) 992
POMPA (P-313) 994
POMPA (P-314) 996
ROTARY DRYER (RD-101) 998
CYCLONE (CY-101) 1018
MENARA DISTILASI (MD – 302) 1023
HEAT EXCHANGER (HE-101) 1036
HEAT EXCHANGER (HE-102) 1048
HEAT EXCHANGER (HE-103) 1048
HEAT EXCHANGER (HE-201) 1049
HEAT EXCHANGER (HE-203) 1050
HEAT EXCHANGER (HE-301) 1051
HEAT EXCHANGER (HE-302) 1052
HEAT EXCHANGER (HE-202) 1053
HEAT EXCHANGER (HE-204) 1061
HEAT EXCHANGER (HE-303) 1062
HEAT EXCHANGER (HE-304) 1063
HEAT EXCHANGER (HE-305) 1064
CONDENSOR (CD-301) 1065
CONDENSOR (CD-302) 1067
REBOILER (RB-301) 1068
REBOILER (RB-302) 1069
ACCUMULATOR (ACC-301) 1070
ACCUMULATOR (ACC-302) 1071
LAMPIRAN C (PERHITUNGAN ALAT UTILITAS) 1073
SCRENEER SC-401 1074
BAK EKUALISASI B-401 1076
BAK SEDIMENTASI B-402 1077
MIXER KOAGULAN M-401 1079
CLARIFIER CL-401 1087
SAND FILTER F-401 1090
CARBON FILTER F-402 1091
MIXER *Antiscalant* M-402 1092

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

REVERSE OSMOSIS RO-401 1093
MIXER Disinfectant M-403 1095
COLD BASIN B-403 1096
HOT BASIN B-404 1097
CATION EXCHANGER CE-401 1098
ANION EXCHANGER AE-401 1102
DEAERATOR DA-401 1106
POMPA UTILITAS 1110
TANGKI PENYIMPANAN NaOCl TP-401 1120
TANGKI PENYIMPANAN AIR DESALINASI TP-402 1124
TANGKI PENYIMPANAN AIR UMUM TP-403 1125
TANGKI PENYIMPANAN HCl TP-404 1126
TANGKI PENYIMPANAN NaOH TP-405 1127
TANGKI PENYIMPANAN *HYDRAZINE* TP-406 1128
TANGKI PENYIMPANAN AIR DEMIN TP-407 1129
TANGKI PENYIMPANAN AIR UMPAN BOILER TP-408 1130
TANGKI PENYIMPANAN AIR KONDENSAT TP-409 1131
LAMPIRAN D (PERHITUNGAN NERACA MASSA) 1132