UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN 2
SURAT PERNYATAAN 3
PRAKATA i
DAFTAR KODE DAN STANDAR iii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xiv
EXECUTIVE SUMMARY xx
INTISARI xxii
ABSTRACT xxiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang **1**
1.2. Tinjauan Pustaka **2**
1.3. Analisis Pasar **6**
1.4. Penentuan Lokasi **9**
BAB II URAIAN PROSES 15
2.1. Proses *Pre-Treatment* **15**
2.2. Proses Delignifikasi **15**
2.3. Proses Sulfonasi **16**
2.4. Proses *Post-Treatment* **17**
BAB III SPESIFIKASI BAHAN 18
3.1. Bahan Baku **18**
3.2. Bahan Pendukung **18**
3.3. Produk **20**
BAB IV DIAGRAM ALIR KUALITATIF DAN KUANTITATIF 21
BAB V NERACA MASSA 24
5.1. Neraca Massa Total **24**
5.2. Neraca Massa di Setiap Alat **27**
BAB VI NERACA PANAS 35
6.1. Neraca Panas di Alat **35**
BAB VII SPESIFIKASI ALAT 41
BAB VIII UTILITAS 71

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8.1. Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)..... 71
8.2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)..... 82
8.3. Unit Penyedia Udara (*Instrument Air System*) 87
8.4. Unit Pengolahan Limbah (*Waste Treatment*)..... 93
8.5. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Tenaga Listrik (*Power Pland and Distribution System*) 97
BAB IX TATA LETAK PABRIK..... 102
BAB X PERTIMBANGAN ASPEK KESELAMATAN, KESEHATAN KERJA, DAN LINGKUNGAN 107
10.1. Manajemen Safety, Health, and Environment..... 107
10.2. Struktur Organisasi Manajemen SHE 124
10.3. Identifikasi *Hazard* Bahan Proses & Utilitas..... 127
10.4. Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia..... 134
10.5. Identifikasi Peralatan dalam Pabrik..... 137
10.6. Process Hazard Analysis (Hazard and Operability Study) 181
BAB XI ORGANISASI PERUSAHAAN 196
11.1. Bentuk Perusahaan..... 196
11.2. Struktur Organisasi Perusahaan..... 197
11.3. Tugas dan Wewenang..... 198
11.4. Perhitungan Jumlah dan Kebutuhan Operator 210
11.5. Penggolongan Gaji Karyawan..... 211
11.6. Kesejahteraan Sosial..... 212
11.7. Manajemen Produksi 215
BAB XII EVALUASI EKONOMI..... 218
12.1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)..... 220
12.2. Biaya Produksi *(Manufacturing Cost*)..... 231
12.3. Modal Kerja *(Working Capital*) 233
12.4. Pengeluaran umum *(General Expenses*) 233
12.5. Analisis Keuntungan..... 234
12.6. Analisis Kelayakan 234
12.7. Analisis Sensitivitas..... 243
BAB XIII KESIMPULAN DAN SARAN..... 245
DAFTAR PUSTAKA 247

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LAMPIRAN PERHITUNGAN ALAT PROSES 253
ALAT PENYIMPANAN 254
GUDANG PENYIMPANAN **255**
GUDANG 1 (GP-101) 255
TANGKI PENYIMPANAN **258**
SILO NaOH (TK-101) 258
SILO $NaHSO_3$ (TK-102) 262
SILO SLS (TK-103) 265
TANGKI PENYIMPANAN AIR (TK-104) 268
TANGKI PENYIMPANAN ETANOL 70% (TK-105) 275
TANGKI PENYIMPANAN ASAM SULFAT 37% (TK-106) 280
TANGKI PENYIMPANAN AIR (TK-107) 285
TANGKI PENYIMPANAN METANOL 95% (TK-108) 290
***WOOD CHIPPER* (CH-101)** 296
CONVEYOR 298
***BELT CONVEYOR* (BC-101)** **299**
***BELT CONVEYOR* (BC-102)** **305**
***BELT CONVEYOR* (BC-103)** **313**
SCREW CONVEYOR **319**
SCREW CONVEYOR **323**
HEAT EXCHANGER 327
***PRE-HEATER REAKTOR* DELIGNIFIKASI (E-101)** **328**
***PRE-HEATER* LARUTAN BISULFIT (E-102)** **352**
***COOLER* LARUTAN SLS (E-103)** **365**
***PRE-HEATER* LARUTAN SLS (E-104)** **378**
EVAPORATOR (EVA-101) 390
POMPA PROSES 404
POMPA 1 (P-101) **405**
POMPA 2 (P-102) **407**
POMPA 3 (P-103) **409**
POMPA 4 (P-104) **411**
POMPA 5 (P-105) **428**
POMPA 6 (P-106) **430**

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

POMPA 7 (P-107) **432**
POMPA 8 (P-108) **434**
POMPA 9 (P-109) **436**
POMPA 10 (P-110) **454**
POMPA 11 (P-111) **456**
POMPA 12 (P-112) **458**
REAKTOR 461
REAKTOR DELIGNIFIKASI **462**
REAKTOR SULFONASI **507**
EXPANSION VALVE 526
FLASH TANK 536
MIXER 547
SOLUTION MIXER (V-101) **548**
PRE-REACTOR MIXER (V-102) **562**
***PRECIPITATION MIXER* (V-103)** **564**
***SOLUTION MIXER* (V-104)** **566**
***METHANOL MIXER* (V-105)** **568**
FILTER 570
***ROTARY DRUM VACUUM FILTER 1* (RDVF-101)** **571**
***ROTARY DRUM VACUUM FILTER 2* (RDVF-102)** **592**
***ROTARY DRUM VACUUM FILTER 3* (RDVF-103)** **612**
***ROTARY DRUM VACUUM FILTER 4* (RDVF-104)** **614**
SPRAY DRYER 616
LAMPIRAN PERHITUNGAN ALAT UTILITAS 651
SCREENER (SC-501) **652**
BAK EKUALISASI (B-501) **654**
BAK SEDIMENTASI (B-502) **658**
***MIXER* (M-501)** **661**
CLARIFIER (CF-501) **666**
SAND FILTER (F-501) **672**
CARBON BED FILTER (F-502) **674**
FILTERED WATER TANK (T-501) **677**
***MIXER* DESINFEKSI (M-502)** **678**

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

TANGKI AIR UMUM (T-502)..... 681
TANGKI AIR PROSES (T-503) 682
TANGKI AIR UMPAN *BOILER* (T-504) 683
CATION EXCHANGER (F-503)..... 684
ANION EXCHANGER (F-504) 689
DEAERATOR (D-501)..... 693
TANGKI KONDENSAT (T-506)..... 703
HOT BASIN (HB-502) 705
COLD BASIN (CB-501)..... 706
COOLING TOWER (CT-501)..... 707
POMPA UTILITAS (PU-501)..... 718

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sodium Lignosulfonat 3
Gambar 2. Reaksi Delignifikasi 3
Gambar 3. Rencana Lokasi Pabrik Sodium Lignosulfonate (earth.google.com) 10
Gambar 4. Diagram Blok Kualitatif Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun 21
Gambar 5. Diagram Blok Kuantitatif Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun 22
Gambar 6. Process Flow Diagram Pengolahan Air 75
Gambar 7. Diagram Alir Proses Kristalisasi 95
Gambar 8. Tata Letak Pabrik 103
Gambar 9. Rule of Thumb Spacing Alat Pabrik 105
Gambar 10. Tata Letak Alat Proses 106
Gambar 11. Struktur Organisasi Industri 125
Gambar 12. Skema Node Evaporator 184
Gambar 13. Skema Aliran Evaporator dengan Controller 191
Gambar 14. Struktur Organisasi Pabrik Sodium Lignosulfonat 198
Gambar 15. Grafik Perhitungan CEPCI 219
Gambar 16. Grafik Hasil Perhitungan BEP dan SDP 241
Gambar 17. Grafik Cash Flow Perusahaan 243
Gambar 18. Sensitivity Analysis Pabrik Sodium Lignosulfonat 244
Gambar 19. Dimensi Gudang Penyimpanan (GP-101) 256
Gambar 20. Dimensi Atap Gudang Penyimpanan (GP-101) 257
Gambar 21. Dimensi Silo (TK-101) 259
Gambar 22. Skema Dimensi Silo (TK-102 263
Gambar 23. Skema Dimensi Silo (TK-103) 266
Gambar 24. Skema Dimensi Tangki Penyimpanan (TK-104) 269
Gambar 25. Pemilihan Ukuran Tangki 270
Gambar 26. Skema Dimensi Head Tangki Penyimpanan (TK-104) 272
Gambar 27. Skema Dimensi Tangki Penyimpanan (TK-105) 276
Gambar 28. Pemilihan Ukuran Tangki 277
Gambar 29. Dimensi Head Tangki Penyimpanan (TK-105) 278
Gambar 30. Skema Dimensi Tangki Prnyimpanan (TK-106) 281
Gambar 31. Pemilihan Ukuran Tangki 282
Gambar 32. Skema Dimensi Conical Roof Tangki Penyimanan (TK-106) 283
Gambar 33. Skema Dimensi Tangki Penyimpanan (TK-107) 286
Gambar 34. Pemilihan Ukuran Tangki 287
Gambar 35. Skema Dimensi Conical roof Tangki Penyimpanan (TK-107) 288
Gambar 36. Neraca Massa Tangki Penyimpanan (TK-108) 291
Gambar 37. Pemilihan Ukuran Tangki 292
Gambar 38. Skema Dimensi Head 293
Gambar 39. Disc Chipper (CH-101) 296

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 40. Spesifikasi Disc Chipper (CH-101) 297
Gambar 41. Skema Belt Conveyor (BC-101) 299
Gambar 42. Pemilihan Ukuran Belt Conveyor (BC-101) 301
Gambar 43. Pemilihan Berat Belt Conveyor (BC-101) 302
Gambar 44. Pemilihan Nilai Y dan Z Belt Conveyor (BC-101) 304
Gambar 45. Skema Belt Conveyor (BC-102) 305
Gambar 46. Skema Elevasi Belt Conveyor (BC-102) 306
Gambar 47. Pemilihan Kapasitas Conveyor Belt (BC-101) 308
Gambar 48. Pemilihan Berat Conveyor Belt (BC-101) 309
Gambar 49. Pemilihan Nilai Y dan Z Conveyor Belt (BC-101) 311
Gambar 50. Skema Belt Conveyor (BC-103) 313
Gambar 51. Skema Elevasi Belt Conveyor (BC-103) 314
Gambar 52. Pemilihan Kapasitas Conveyor Belt (BC-101) 316
Gambar 53. Pemilihan Berat Conveyor Belt (BC-101) 316
Gambar 54. Pemilihan Nilai Y dan Z Conveyor Belt (BC-101) 318
Gambar 55. Skema Screw Conveyor (SC-101) 319
Gambar 56. Pemilihan Diameter Screw Belt 320
Gambar 57. Skema Screw Conveyor (SC-102) 323
Gambar 58. Pemilihan Diameter Screw Belt 324
Gambar 59. Skema Aliran Heat Exchanger 328
Gambar 60. Grafik Viskositas Gas (Kern, 1965) 334
Gambar 61. Tabel Penentuan Nilai U_D 338
Gambar 62. Tabel Penentuan Jumlah Tube 340
Gambar 63. Grafik Penentuan Nilai j_H 345
Gambar 64. Grafik Penentuan Nilai Friction Factor Shell 349
Gambar 65. Grafik Penentuan Friction Factor Tube 350
Gambar 66. Grafik Penentuan Pressure Loss for Tube 350
Gambar 67. Skema Aliran Heat Exchanger 352
Gambar 68. Tabel Penentuan Nilai U_D 355
Gambar 69. Tabel Penentuan Jumlah Tube 356
Gambar 70. Grafik Penentuan Nilai j_H 360
Gambar 71. Grafik Penentuan Nilai Friction Factor Shell 363
Gambar 72. Grafik Penentuan Friction Factor Tube 363
Gambar 73. Grafik Penentuan Pressure Loss for Tube 364
Gambar 74. Skema Aliran Heat Exchanger 365
Gambar 75. Tabel Penentuan Nilai U_D 368
Gambar 76. Tabel Penentuan Jumlah Tube 369
Gambar 77. Grafik Penentuan Nilai j_H Tube 373
Gambar 78. Grafik Penentuan Nilai j_H Shell 373
Gambar 79. Grafik Penentuan Nilai Friction Factor Shell 376
Gambar 80. Grafik Penentuan Friction Factor Tube 377
Gambar 81. Grafik Penentuan Pressure Loss for Tube 377
Gambar 82. Skema Aliran Heat Exchanger 378

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 83. Tabel Penentuan Nilai U_D 381
Gambar 84. Tabel Penentuan Jumlah Tube 382
Gambar 85. Grafik Penentuan Nilai j_H 386
Gambar 86. Grafik Penentuan Nilai Friction Factor Shell 388
Gambar 87. Grafik Penentuan Nilai Friction Factor Tube 388
Gambar 88. Grafik Penentuan Pressure Loss for Tube 389
Gambar 89. Skema Aliran Evaporator 390
Gambar 90. Skema Aliran Evaporator 394
Gambar 91. Skema Pompa (P-107) 411
Gambar 92. Pemilihan Ukuran Pipa 417
Gambar 93. Grafik Panjang Ekivalen Pompa 420
Gambar 94. Grafik Pengukuran Friction Factor 421
Gambar 95. Pemilihan Jenis Pompa Sentrifugal 423
Gambar 96. Jenis Impeller 424
Gambar 97. Grafik Efisiensi Pompa 425
Gambar 98. Skema Pompa (P-109) 436
Gambar 99. Pemilihan Ukuran Pipa 443
Gambar 100. Grafik Panjang Ekivalen Pompa 446
Gambar 101. Grafik Pengukuran Friction Factor 447
Gambar 102. Pemilihan Jenis Pompa Sentrifugal 449
Gambar 103. Jenis Impeller 450
Gambar 104. Grafik Efisiensi Pompa 451
Gambar 105. Skema Reaktor Delignifikasi (R-101) 462
Gambar 106. Skema Dimensi Head 476
Gambar 107. Dimensi Pengaduk 479
Gambar 108. Grafik Perhitungan Power Number 482
Gambar 109. Skema Jaket Pemanas 485
Gambar 110. Skema Isolasi 489
Gambar 111. Algoritma Perhitungan Isolator 496
Gambar 112. Tabel Pemilihan Pipa Input Reaktor Delignifikasi 497
Gambar 113. Tabel Pemilihan Pipa Output Reaktor Delignifikasi 498
Gambar 114. Tabel Pemilihan Pipa Input Steam 499
Gambar 115. Tabel Pemilihan Pipa Output Kondensat 500
Gambar 116. Skema Flange 501
Gambar 117. Tabel Pemilihan Flange Pipa 502
Gambar 118. Tabel Pemilihan Flange Pipa 503
Gambar 119. Tabel Pemilihan Flange Pipa 504
Gambar 120. Tabel Pemilihan Flange Pipa 505
Gambar 121. Skema Reaktor Tampak Depan (a.), Tampak Atas (b.) 506
Gambar 122. Skema Dimensi Head Tangki 519
Gambar 123. Dimensi Pengaduk 521
Gambar 124. Penentuan Power Number Motor 524
Gambar 125. Skema Dimensi Flash Tank 540

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 126. Skema Dimensi Head Mixer 554
Gambar 127. Grafik Pemilihan Jenis Pengaduk 557
Gambar 128. Skema Dimensi Pengaduk..... 558
Gambar 129. Grafik Power Number Motor 560
Gambar 130. Rotary Drum Filter..... 571
Gambar 131. Grafik Penentuan Reynold Number Factor..... 579
Gambar 132. Grafik Penentuan Friction Factor..... 580
Gambar 133. Pemilihan Ukuran Rotary Drum Vacuum Filter (Couper, 2005)..... 584
Gambar 134. Skema Dimensi Rotary Drum (Brown, 1950) 585
Gambar 135. Grafik Penentuan Konstanta Filtrasi 587
Gambar 136. Grafik Penentuan Konstanta Filtrasi 588
Gambar 137. Grafik Penentuan Konstanta Filtrasi 589
Gambar 138. Grafik Penentuan Konstanta Filtrasi 590
Gambar 139. Rotary Drum Filter..... 592
Gambar 140. Grafik Penentuan Reynold Number Factor..... 600
Gambar 141. Grafik Penentuan Friction Factor..... 601
Gambar 142. Pemilihan Ukuran Rotary Drum Vacuum Filter (Couper, 2005)..... 605
Gambar 143. Skema Dimensi Zona Rotary Drum..... 605
Gambar 144. Grafik Pengukuran Konstanta Filtrasi..... 607
Gambar 145. Grafik Pengukuran Konstanta Filtrasi..... 608
Gambar 146. Grafik Pengukuran Konstanta Filtrasi..... 609
Gambar 147. Grafik Pengukuran Konstanta Filtrasi..... 610
Gambar 148. Skema Aliran Spray Dryer..... 616
Gambar 149. Skema Perpindahan Massa pada Elemen Volume..... 618
Gambar 150. Referensi Waktu Kontak pada Spray Dryer..... 626
Gambar 151. Dimensi Spray Dryer 628
Gambar 152. Profil Moisture Content Pada Padatan..... 635
Gambar 153. Profil Moisture Content Pada Udara..... 636
Gambar 154. Profil Suhu Padatan Sepanjang Lintasan Spray Dryer..... 636
Gambar 155. Profil Suhu Udara Sepanjang Lintasan Spray Dryer 637
Gambar 156. Spesifikasi Standar Pipa..... 638
Gambar 157. Skema Air Dispenser 645
Gambar 158. Profil Suhu pada Dinding Spray Dryer..... 646
Gambar 159. Mechanical Design Spray Dryer..... 650
Gambar 160. Skema Pengaduk..... 662
Gambar 161. Grafik Power Number..... 665
Gambar 162. Skema Clarifier (a) Tampak Diagonal (b) Tampak Samping..... 667
Gambar 163. Skema Flocculation Area..... 668
Gambar 164. Grafik K_1..... 695
Gambar 165. Grafik Penentuan Liquid Flow Arrangement..... 697
Gambar 166. Grafik Mencari Panjang Weir..... 698
Gambar 167. Grafik K_2..... 700
Gambar 168. Grafik Fraction Entraintment..... 701

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 169. Grafik Laju Udara Minimum 710
Gambar 170. Grafik Sizing Cooling Tower..... 711
Gambar 171. Grafik Kebutuhan Power 716
Gambar 172. Pemilihan Ukuran Pipa 722
Gambar 173. Pemilihan Jenis Pompa Sentrifugal..... 726
Gambar 174. Jenis Impeller 727
Gambar 175. Grafik Efisiensi Pompa 728

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Proses (Haroen dan Sudarmin, 2011; Biermann, 1996) 5
Tabel 2. Data Ekspor dan Impor Surfaktan Anionik di Indonesia (BPS, 2020)..... 7
Tabel 3. Kapasitas Pabrik Lignosulfonat di Dunia (Gargulak, 2000)..... 8
Tabel 4. Produksi Kelapa Sawit Provinsi Riau (BPS Provinsi Riau, 2019)..... 11
Tabel 5 Neraca Massa Overall Input 24
Tabel 6. Neraca Massa Overall Output..... 25
Tabel 7. Neraca Massa di Wood Chipper (CH-101)..... 27
Tabel 8. Neraca Massa di Solution Mixer (V-101)..... 28
Tabel 9. Neraca Massa di Mixer (V-102) 28
Tabel 10. Neraca Massa di Reaktor Delignifikasi (R-101) 29
Tabel 11. Neraca Massa di Flash Tank (FT-101) 29
Tabel 12. Neraca Massa di Filter (RDFV-01) 30
Tabel 13. Neraca Massa di Precipitation Mixer (V-103)..... 30
Tabel 14. Neraca Massa di Rotary Drum Vacuum Filter (F-02) 31
Tabel 15. Neraca Massa di Solution Mixer (V-104)..... 31
Tabel 16. Neraca Massa di Reaktor Sulfonasi (R-102) 32
Tabel 17. Neraca Massa di Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-103)..... 32
Tabel 18. Neraca Massa di Methanol Mixer (V-105)..... 33
Tabel 19. Neraca Massa di Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-104)..... 33
Tabel 20. Neraca Massa di Evaporator (EVA-101)..... 34
Tabel 21. Neraca Massa di Spray Dryer (SD-101)..... 34
Tabel 22. Neraca Panas di Mixer (V-101)..... 35
Tabel 23. Neraca Panas di Reaktor Digester Delignifikasi..... 36
Tabel 24. Neraca Panas di Mixer (V-103)..... 36
Tabel 25. Neraca Panas di Heat Exchanger (E-102)..... 37
Tabel 26. Neraca Panas di Reaktor Sulfonasi (R-102) 37
Tabel 27. Neraca Panas di Heat Exchanger (E-103)..... 38
Tabel 28. Neraca Panas di Mixer (V-105) 38
Tabel 29. Neraca Panas di Heat Exchanger (E-104)..... 39
Tabel 30. Neraca Panas di Evaporator (V-105)..... 39
Tabel 31. Neraca Panas di Evaporator (V-105)..... 40
Tabel 32. Hasil Perhitungan Air Kebutuhan Umum..... 72
Tabel 33. Hasil Perhitungan Kebutuhan Steam untuk unit Pembangkit Steam..... 73
Tabel 34. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air untuk Proses 74
Tabel 35. Spesifikasi Air Sungai Siak (Anita, 2020)[1]; (Murtaja, 2017)[2]..... 74
Tabel 36. Hasil Perhitungan Kebutuhan Steam 82
Tabel 37. Data Koefisien Regresi Air..... 83
Tabel 38. Hasil Perhitungan Kebutuhan Panas Boiler..... 84
Tabel 39. Hasil Perhitungan Berat Molekul Gas Alam 85
Tabel 40. Hasil Perhitungan Kebutuhan O_2..... 86
Tabel 41. Spesifikasi Udara Kebutuhan Spray Dryer (SP-101) 87

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 42. Spesifikasi Udara Kebutuhan Boiler (BO-501) 88
Tabel 43. Spesifikasi Udara Kebutuhan Instrumentasi 88
Tabel **44.** Baku Mutu Limbah Gas 93
Tabel 45. Hasil Perhitungan Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses 97
Tabel 46. Hasil Perhitungan Kebutuhan Listrik untuk Unit Utilitas 98
Tabel 47**.** Identifikasi Hazard Bahan 127
Tabel 48. Perbandingan Peralatan dalam Pemilihan Alat HAZOP 181
Tabel 49. Pembagian Karyawan Shift 209
Tabel 50. Kebutuhan Operator Area Proses 210
Tabel 51. Kebutuhan Operator Area Utilitas 211
Tabel 52. Pembagian Gaji Karyawan 212
Tabel 53. Data Chemical Engineering Cost Index 219
Tabel 54. Hasil Perhitungan Ekstrapolasi CEPCI 220
Tabel 55. Perhitungan Harga Alat Proses 222
Tabel 56. Perhitungan Harga Alat Utilitas 224
Tabel 57. Perhitungan Bahan Baku dan Bahan Penunjang Proses Tahun 2028 227
Tabel 58. Perhitungan Bahan Baku Utilitas Tahun 2028 227
Tabel 59. Perhitungan Hasil Penjualan Produk Tahun 2028 228
Tabel 60. Perhitungan Fixed Capital Investment 230
Tabel 61. Perhitungan Manufacturing Cost 232
Tabel 62. Perhitungan Working Capital 233
Tabel 63. Perhitungan Working Capital 233
Tabel 64. Cash Flow Perusahaan 242
Tabel 65. Neraca Massa Silo (TK-101) 258
Tabel 66. Neraca Massa Silo (TK-102) 262
Tabel 67. Pemilihan Material Silo (TK-102) 264
Tabel 68. Hasil Perhitungan Dimensi Silo (TK-102) 264
Tabel 69. Neraca Massa Silo (TK-103) 265
Tabel 70. Pemilihan Material Silo (TK-103) 267
Tabel 71. Hasil Perhitungan Dimensi Silo (TK-103) 267
Tabel 72. Neraca Massa Tangki Penyimpanan (TK-104) 268
Tabel 73. Parameter Densitas (Yaws, 1999) 269
Tabel 74. Hasil Perhitungan Course Tangki Penyimpanan (TK-104) 272
Tabel 75. Neraca Massa Tangki Penyimpanan (TK-105) 275
Tabel 76. Perhitungan Densitas Campuran 275
Tabel 77. Pemilihan Spesifikasi Tangki Penyimpanan (TK-105) 278
Tabel 78. Perhitungan Tebal Tiap Course Tangki Penyimpanan (TK-105) 278
Tabel 79. Hasil Perhitungan Tebal Conical Roof Tangki Penyimpanan (TK-105) 279
Tabel 80. Neraca Massa Tangki Penyimpanan (TK-106) 280
Tabel 81. Perhitungan Densitas 280
Tabel 82. Spesifikasi Bahan Tangki Penyimanan (TK-106) 283
Tabel 83. Spesifikasi Tebal Tangki Tiap Course Penyimanan (TK-106) 283
Tabel 84. Hasil Perhitungan Tebal Conical Roof Tangki Penyimanan (TK-106) 284

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 85. Neraca Massa Tangki Penyimpanan (TK-107) 285
Tabel 86. Spesifikasi Bahan Tangki Penyimpanan (TK-107) 288
Tabel 87. Tebal Tiap Course Penyimpanan (TK-107)..... 288
Tabel 88. Hasil Perhitungan Tebal Conical Roof Tangki Penyimanan (TK-107)..... 289
Tabel 89. Neraca Massa Tangki Penyimpanan (TK-108) 290
Tabel 90. Spesifikasi Bahan Tangki Penyimpanan (TK-108) 293
Tabel 91. Perhitungan Tebal Tangki Tiap Course Tangki Penyimpanan (TK-108).... 293
Tabel 92. Perhitungan Dimensi Conical Roof Tangki Penyimpanan (TK-108)..... 294
Tabel 93. Neraca Massa HE-01 329
Tabel 94. Konstanta Kapasitas Panas Komponen 329
Tabel 95. Perhitungan Konstanta Panas 330
Tabel 96. Konstanta Regresi Densitas 331
Tabel 97. Perhitungan Densitas 332
Tabel 98. Konstanta Regresi Viskositas 332
Tabel 99. Perhitungan Viskositas 333
Tabel 100. Koefisien Regresi Konduktivitas Panas..... 335
Tabel 101. Perhitungan Konduktivitas Termal Campuran 336
Tabel 102. Neraca Panas..... 336
Tabel 103. Neraca Massa E-102 353
Tabel 104. Hasil Perhitungan Sifat Fisis 353
Tabel 105. Neraca Massa HE-03 366
Tabel 106. Hasil Perhitungan Sifat Fisis Fluida 366
Tabel 107. Neraca Massa E-104 379
Tabel 108. Hasil Perhitungan Sifat Fisis Fluida 379
Tabel 109. Neraca Massa EVA-101 391
Tabel 110. Hasil Perhitungan Fraksi Massa Tiap Effect 395
Tabel 111. Hasil Perhitungan Kenaikan BPR Tiap Effect..... 396
Tabel 112. Hasil Perhitungan Perubahan Suhu Evaporator..... 397
Tabel 113. Hasil Perhitungan Evaporator..... 398
Tabel 114. Hasil Perhitungan Entalpi dan Kapasitas Panas Tiap Effect 402
Tabel 115. Hasil Perhitungan Luas Transfer Panas Evaporator 403
Tabel 116. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 405
Tabel 117. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 407
Tabel 118. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 409
Tabel 119. Neraca Massa Pompa (P-101) 411
Tabel 120. Konstanta Densitas Komponen..... 412
Tabel 121. Perhitungan Densitas 413
Tabel 122. Konstanta Viskositas Komponen..... 414
Tabel 123. Perhitungan Viskositas 414
Tabel 124. Konstanta Antoine 416
Tabel 125. Perhitungan Uap Jenuh 416
Tabel 126. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 422
Tabel 127. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 428

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 128. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 430
Tabel 129. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 432
Tabel 130. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 434
Tabel 131. Neraca Massa Pompa (P-101) 436
Tabel 132. Konstanta Densitas Komponen..... 437
Tabel 133. Perhitungan Densitas 438
Tabel 134. Konstanta Viskositas Komponen..... 439
Tabel 135. Perhitungan Viskositas 439
Tabel 136. Konstanta Antoine 441
Tabel 137. Perhitungan Uap Jenuh 441
Tabel 138. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 448
Tabel 139. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 454
Tabel 140. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 456
Tabel 141. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 458
Tabel 142. Neraca Massa Reaktor Delignifikasi (R-101)..... 463
Tabel 143. Konstanta Densitas 464
Tabel 144. Perhitungan Densitas Arus Input 464
Tabel 145. Perhitungan Densitas Arus Input 465
Tabel 146. Konstanta Viskositas Senyawa 466
Tabel 147. Perhitungan Viskositas Input 467
Tabel 148. Perhitungan Viskositas Output 468
Tabel 149. Perhitungan Volume Reaktor Seri 473
Tabel 150. Data Neraca Panas Reaktor Delignifikasi..... 483
Tabel 151. Neraca Massa Reaktor Sulfonasi (R-102) 507
Tabel 152. Konstanta Densitas 508
Tabel 153. Perhitungan Densitas Arus Input 508
Tabel 154. Perhitungan Densitas Arus Input 509
Tabel 155. Perhitungan Densitas Arus *Output* 509
Tabel 156. Konstanta Viskositas 511
Tabel 157. Perhitungan Viskositas Arus *Input* 512
Tabel 158. Perhitungan Viskositas Arus *Input* 512
Tabel 159. Perhitungan Viskositas Arus *Output* 512
Tabel 160. Perhitungan Volume Total Reaktor Seri..... 515
Tabel 161. Neraca Massa Expansion Valve 526
Tabel 162. Konstanta Densitas Senyawa 527
Tabel 163. Konstanta Densitas Senyawa 528
Tabel 164. Perhitungan Densitas Aliran Output Cairan 528
Tabel 165. Perhitungan Densitas Aliran Output Gas..... 529
Tabel 166. Konstanta Tekanan Uap Jenuh (Antoine)..... 530
Tabel 167. Konstanta Kapasitas Panas Cairan..... 530
Tabel 168. Konstanta Kapasitas Panas Gas 531
Tabel 169. Perhitungan Fraksi Komponen 532
Tabel 170. Hasil Perhitungan Komponen..... 533

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 171. Neraca Massa Flash Tank 536
Tabel 172. Skema Dimensi Head Flash Tank 542
Tabel 173. Neraca Massa Solution Mixer (V-101) 548
Tabel 174. Konstanta Regresi Densitas 549
Tabel 175. Perhitungan Densitas Komponen 549
Tabel 176. Konstanta Regresi Viskositas 550
Tabel 177. Perhitungan Viskositas Komponen 551
Tabel 178. Neraca Massa *Mixer* (V-102) 562
Tabel 179. Kesimpulan Perhitungan Mixer (V-102) 562
Tabel 180. Neraca Massa *Mixer* (V-103) 564
Tabel 181. Kesimpulan Perhitungan *Mixer* (V-103) 564
Tabel 182. Neraca Massa *Mixer* (V-104) 566
Tabel 183. Kesimpulan Perhitungan *Mixer* (V-104) 566
Tabel 184. Neraca Massa *Mixer* (V-105) 568
Tabel 185. Kesimpulan Perhitungan *Mixer* (V-104) 568
Tabel 186. Neraca Massa RDVF (RDVF-101) 572
Tabel 187. Konstanta Regresi Densitas 573
Tabel 188. Perhitungan Densitas *Cake* 573
Tabel 189. Perhitungan Densitas *Filtrat* 574
Tabel 190. Koefisien Regresi Viskositas 574
Tabel 191. Perhitungan Viskositas Campuran 575
Tabel 192. Konstanta Regresi Tegangan Muka 576
Tabel 193. Perhitungan Tegangan Muka Campuran 577
Tabel 194. Neraca Massa RDVF (RDVF-102) 592
Tabel 195. Konstanta Regresi Densitas 594
Tabel 196. Perhitungan Densitas Padatan 594
Tabel 197. Perhitungan Densitas Campuran 595
Tabel 198. Konstanta Regresi Viskositas 596
Tabel 199. Perhitungan Viskositas Filtrat 596
Tabel 200. Koefisien Regresi Tegangan Muka 597
Tabel 201. Perhitungan Tegangan Muka Campuran 597
Tabel 202. Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-103) 612
Tabel 203. Kesimpulan Perhitungan Dimensi Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-103) 612
Tabel 204. Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-104) 614
Tabel 205. Kesimpulan Perhitungan Dimensi Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-104) 614
Tabel 206. Neraca Massa Spray Dryer 616
Tabel 207. Spesifikasi Screener 652
Tabel 208. Spesifikasi Pengaduk 680
Tabel *209.* *Design Data Ion Exchanger* 684
Tabel 210. Sifat Bahan Resin 685
Tabel 211. Kandungan Kation Sungai Indragiri 686

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 212. Design Data Ion Exchanger 689
Tabel 213. Sifat Bahan Resin 690
Tabel 214. Kandungan Anion Sungai Indragiri 690
Tabel 215. Koefisien Regresi 708
Tabel 216. Hasil Perhitungan Nilai Entalpi serta Kelembaban 708
Tabel 217. Hasil Perhitungan Trapezoidal Rule 714
Tabel 218. Neraca Massa Pompa (P-101) 718
Tabel 219. Konstanta Densitas Komponen 719
Tabel 220. Konstanta Viskositas Komponen 719
Tabel 221. Konstanta Antoine 720
Tabel 222. Kesimpulan Perhitungan Head Pompa 725
Tabel 223. Hasil Perhitungan Spesifikasi Pompa 730

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

EXECUTIVE SUMMARY

Sodium Lignosulfonat atau SLS ($C_{20}H_{24}Na_2O_{10}S_2$) merupakan senyawa turunan lignin dan merupakan polimer molekul tinggi. Sodium lignosulfonat memiliki bentuk bubuk dengan warna cokelat, dapat larut dalam air, tidak berbau, dan memiliki sifat tidak berbahaya. Senyawa SLS merupakan salah satu surfaktan anionik yang berguna untuk menurunkan tegangan muka cairan sehingga dapat melarutkan cairan yang tidak dapat larut seperti air dan minyak. Senyawa SLS juga dapat dimanfaatkan sebagai dispersan, bahan perekat, bahan pengemulsi, bahan pelarut warna dalam industri tekstil, dan lain sebagainya.

Pabrik SLS masih belum terdapat di Indonesia sedangkan pasar dari SLS sendiri mencapai angka US$642 juta pada tahun 2022 dan diproyeksikan mencapai angka US$ 1.103,08 juta pada tahun 2029. Angka tersebut juga didukung dengan angka impor dari surfaktan anionik Indonesia dimana pada tahun 2009 mencapai 23.625,84 ton/tahun. Oleh karena itu, pendirian pabrik SLS di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri serta meningkatkan angka ekspor SLS, menumbuhkan kawasan industri baru, membuka lapangan pekerjaan, serta menghasilkan pusat pertumbuhan ekonomi yang berdampak baik bagi perekonomian Indonesia.

Prarancangan pabrik SLS dilakukan dengan kapasitas 20.000 ton/tahun dan beroperasi selama 24 jam sehari dalam 330 hari setiap tahunnya. Bahan baku yang digunakan berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebanyak 18.116,77 kg/jam dengan bahan kimia pendukung berupa etanol sebanyak 79.411,85 kg/jam, metanol sebanyak 59.343,83 kg/jam, natrium hidroksida sebanyak 2.096,85 kg/jam, asam sulfat sebanyak 8.989,54 kg/jam, dan natrium bisulfit sebanyak 3.444,45 kg/jam.

Pabrik SLS direncanakan berdiri pada Kawasan Industri Tenayan (KIT) Raya, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau dengan luas 64.355 m^2 dengan jumlah karyawan sebanyak 214 karyawan. Pendirian pabrik pada Kawasan tersebut didasari atas keberadaan *raw material* berupa TKKS yang melimpah pada Provinsi Riau. Selain itu, keberadaan Kawasan Industri Tenayan dekat dengan sungai Siak sebagai sumber utilitas berupa air bersih dan PLTU Tenayan yang dapat memenuhi kebutuhan listrik industri maupun lingkungan sekitar.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sodium lignosulfonat dapat diproduksi melalui proses delignifikasi dan proses sulfonasi. Proses delignifikasi berfungsi untuk mengisolasi kandungan lignin yang terdapat pada tandan kosong kelapa sawit dimana reaksi dijalankan secara isotermal di suhu 170^{o}C dengan tekanan 11 atm pada reaktor alir tangki berpengaduk. Lignin yang berhasil diisolasi kemudian diendapkan dengan menggunakan asam sulfat 37% hingga mencapai pH 2. Lignin kemudian direaksikan dengan natrium bisulfit pada suhu 97^{o}C dan tekanan 1 atm sehingga reaksi sulfonasi dapat berjalan. Reaksi sulfonasi merupakan reaksi memasukkan gugus sulfonat ke dalam lignin sehingga mengubah sifat lignin yang kurang polar menjadi polar. Reaksi delignifikasi memiliki *yield* reaksi yang kecil yaitu hanya 14,1%, sedangkan untuk reaksi sulfonasi memiliki nilai konversi reaksi sebesar 63,78%. Larutan SLS kemudian dinaikkan konsentrasinya dengan evaporator hingga mencapai konsentrasi 40% dan dikeringkan lebih lanjut pada *spray dryer* sehingga diperoleh bubuk SLS dengan kandungan *moisture* 6%.

Dalam menjalankan proses produksinya, pabrik SLS membutuhkan air sebanyak 219.174,39 kg/jam, *steam* sebanyak 98.482,55 kg/jam, udara kering sebesar 56.332,84 kg/jam, serta kebutuhan listrik sebesar 15,2512 MW.

Pabrik SLS didirikan dengan *fixed capital* sebesar US$ 146.275.141,39 dan dijalanankan dengan *working capital* sebesar US$264.533.977,97. Produk dijual dengan harga pasar yaitu US$ 450/ton sehingga menghasilkan penjualan mencapai US$9.655.775,826/tahun, sedangkan harga bahan baku mencapai US$634.387.173,45/tahun. Hal tersebut menunjukkan proses produksi dari SLS tidak memberikan keuntungan sehingga perlu dilakukan optimasi proses agar pendirian pabrik dapat menarik dalam segi ekonomi.

Terdapat beberapa saran yang dapat diimplementasikan dalam optimasi proses, yaitu penggunaan salah satu metode saja dalam proses delignifikasi sehingga kebutuhan bahan kimia dapat dikurangi; melakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan *yield* dari reaksi delignifikasi serta konversi reaksi sulfonasi; melakukan penelitian lebih lanjut untuk dapat mengurangi bahan kimia pembantu yang digunakan; melakukan *recycle* untuk bahan-bahan yang tidak bereaksi; serta menggunakan bahan baku lain yang memiliki kandungan lignin lebih tinggi.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Sodium Lignosulfonat atau SLS($C_{20}H_{24}Na_2O_{10}S_2$) senyawa turunan lignin yang dapat berfungsi sebagai surfaktan. Senyawa ini memiliki banyak manfaat dalam industri tekstil, metalurgi, minyak dan gas, pestisida, dan lain sebagainya. Kemampuannya sebagai surfaktan dapat menurunkan tegangan muka cairan sehingga dapat melarutkan cairan yang tidak dapat larut seperti air dan minyak. Sodium Lignosulfonat dapat diperoleh dengan mereaksikan lignin dan natrium bisulfit ($NaHSO_3$). Lignin dapat diperoleh dari isolasi senyawa lignin dari tandan kosong kelapa sawit melalu reaksi delignifikasi yang berlangsung secara isotermal di suhu 170^{o}C dan tekanan 11 atm. Lignin yang berhasil dilepaskan dari badan tandan kosong kelapa sawit kemudian akan disulfonasikan menggunakan natrium bisulfit pada suhu 97^{o}C dan tekanan 1 atm untuk memasukkan gugus sulfonat ke dalam lignin sehingga mengubah sifatnya dari kurang polar menjadi polar. Reaksi delignifikasi memiliki *yield* reaksi yang kecil yaitu hanya 14,1%, sedangkan untuk reaksi sulfonasi memiliki nilai konversi reaksi sebesar 63,78%.

Pabrik SLS dirancang dengan kapasitas 20.000 ton/tahun yang beroperasi selama 24 jam perhari dalam 330 hari pertahun. Digunakan bahan baku berupa tandan kosong kelapa sawit sebanyak 143.484,83 ton/tahun. Pabrik direncanakan untuk dibangun di Kawasan Industri Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau dengan luas 64.355 m^2 dan jumlah karyawan sebanyak 214 karyawan. Unit utilitas yang dibutuhkan untuk mengoperasikan pabrik adalah dengan jumlah air sebanyak 219.174,39 kg/jam, *steam* sebesar 98.482,55 kg/jam, udara kering 56.332,84 kg/jam, dan listrik sebesar 15,2512 MW.

Pabrik SLS didirikan dengan *fixed capital* sebesar US$ 146.275.141,39 dan dijalanankan dengan *working capital* sebesar US$264.533.977,97. Produk dijual dengan harga pasar yaitu US$ 450/ton sehingga menghasilkan penjualan mencapai US$9.655.775,826/tahun, sedangkan harga bahan baku mencapai US$634.387.173,45/tahun. Hasil perhitungan menunjukkan pabrik ini dinilai tidak layak untuk dikaji lebih lanjut karena memiliki nilai *sales* yang lebih rendah daripada *raw material*-nya.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Sodium Lignosulfonate or SLS ($C_{20}H_{24}Na_2O_{10}S_2$) is a lignin derivative compound that functions as a surfactant. This compound has many benefits in the textile, metallurgy, oil and gas, pesticide, and other industries. It is a brown powder that is soluble in water. Its surfactant properties allow it to reduce the surface tension of liquids, enabling the dissolution of immiscible substances such as water and oil. Sodium Lignosulfonate can be obtained by reacting lignin with sodium bisulfite ($NaHSO_3$). Lignin can be isolated from empty oil palm fruit bunches through a delignification reaction that occurs isothermally at 170°C and 11 atm pressure. The released lignin from the oil palm fruit bunches is then sulfonated using sodium bisulfite at 97°C and 1 atm pressure to introduce sulfonate groups into the lignin, thereby changing its properties from less polar to polar. The delignification reaction has a low reaction yield of only 14.1%, while the sulfonation reaction has a conversion value of 63.78%.

The SLS plant is designed with a capacity of 20,000 tons/year, operating 24 hours a day for 330 days per year. It uses 143,484.83 tons/year of oil palm empty fruit bunches as raw material. The plant is planned to be located in the Tenayan Raya Industrial Zone, Pekanbaru City, Riau Province, with an area of 64.355 m^2 and a workforce of 214 employees. The utility units required to operate the plant including 219,174.39 kg/hour of water, 98,482.55 kg/hour of steam, 56332.84 kg/hour of dry air, and 15.2512 MW of electricity.

The SLS plant is established with a fixed capital of US$ 123,898,072.32 and operated with a working capital of US$264,533,977.97. The product is sold at the market price of US$ 450/ton resulting in *sales* about US$9,655,775.826/year, while the *raw material* can cost up to US$634,387,173.45/year. The calculation results indicate that this plant is deemed not feasible for further study as it has lower sales value compared to its raw material.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris karena memiliki peranan besar dan penting pada sektor pertanian dan perkebunan. Hasil pertanian dan perkebunan Indonesia digunakan untuk memenuhi kebutuhan pada berbagai sektor baik di dalam dan luar negeri. Kelapa sawit menjadi salah satu komoditas perkebunan yang berperan penting dalam pendapatan nasional dan devisa negara. Pengolahan kelapa sawit di Indonesia umumnya ditunjukkan untuk memenuhi kebutuhan minyak nabati pada berbagai sektor baik di dalam maupun di luar negeri.

Berdasarkan data Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai angka 14,68 juta hektar di tahun 2019 dengan jumlah produksi minyak sawit mencapai 51,8 juta ton, menjadikan Indonesia sebagai produsen minyak sawit terbesar di dunia. Kebutuhan minyak kelapa sawit diperkirakan akan terus mengalami peningkatan tiap tahunnya. Peningkatan proses produksi tersebut tentunya memberikan dampak positif dengan menumbuhkan kawasan industri baru berbasis sawit, menggerakkan aktivitas produktif kegiatan usaha kebun, serta menghasilkan pusat pertumbuhan ekonomi baru (Kemenperin, 2022). Namun, peningkatan produksi CPO juga diikuti dengan peningkatan produksi limbahnya. Pada proses pengolahan kelapa sawit, dihasilkan limbah padat berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), serat, cangkang buah, dan POME. Setiap pengolahan tandan buah segar, dihasilkan sekitar 23% limbah TKKS. Pemanfaatan limbah TKKS di Indonesia pada umumnya hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar *boiler* ataupun diekspor untuk bahan baku produksi listrik (Praevia & Widayat, 2022) sehingga memiliki nilai ekonomis yang rendah. Angka ekspor TKKS ke Jepang mencapai 40.000 ton/bulan yang akan digunakan sebagai bahan bakar berbahan dasar biomassa (EOS, 2021). Jumlah tersebut tentu sangat besar, namun harga TKKS yang rendah menjadikan angka ekspor tersebut menjadi kurang berarti. Padahal, TKKS berpotensi untuk ditingkatkan nilai ekonominya sebelum diekspor ke luar negeri.

Dalam upayanya untuk mencapai pembangunan berkelanjutan, Indonesia mengusahakan penanganan dan pemanfaatan kembali limbah yang dihasilkan dari

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

proses produksi kelapa sawit. TKKS merupakan limbah yang mengandung kadar selulosa sebesar 32,57%, hemiselulosa 27,70%, dan lignin 26,49% (Manek, dkk., 2019). Penggunaan selulosa dan hemiselulosa pada TKKS berpotensi untuk menjadi bahan baku pembuatan kain, bioetanol, dan bioplastik dengan mensintesis selulosa (Dewanti, 2018). Sedangkan kandungan lignin pada TKKS kurang dimanfaatkan dengan baik. Oleh karena itu, kandungan lignin pada TKKS memiliki potensi yang tinggi untuk dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi.

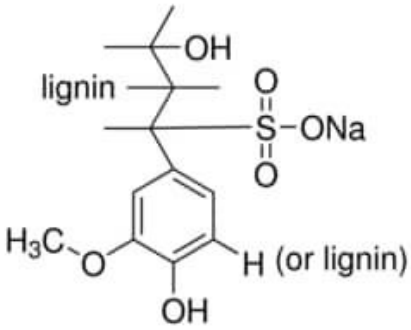
Salah satu produk berbasis lignin yang dapat dikembangkan berupa surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS). Surfaktan SLS memiliki banyak manfaat dalam industri tekstil, metalurgi, minyak dan gas, pestisida, dan lain sebagainya. Pasar dari surfaktan SLS terus meningkat setiap tahunnya dan diperkirakan akan mencapai angka US$1.103,08 juta pada tahun 2029 (Data Bridge Market Research, 2022). Mempertimbangkan kebutuhan dan ketersediaan bahan baku yang tinggi, maka perancangan pabrik SLS berbahan baku TKKS menjadi salah satu potensi yang dapat dikembangkan di Indonesia.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Sodium Lignosulfonat

Sodium Lignosulfonat (SLS) memiliki rumus molekul $C_{20}H_{24}Na_2O_{10}S_2$. Senyawa ini memiliki wujud berupa serbuk coklat dan dapat larut dalam air. Kemampuannya sebagai surfaktan dapat menurunkan tegangan muka cairan sehingga dapat melarutkan cairan yang tidak dapat larut seperti air dan minyak. SLS tidak berbahaya apabila mengenai kulit karena tidak menyebabkan iritasi maupun korosif. Namun karena memiliki bentuk serbuk perlu diwaspadai apabila mengenai mata atau terhirup.

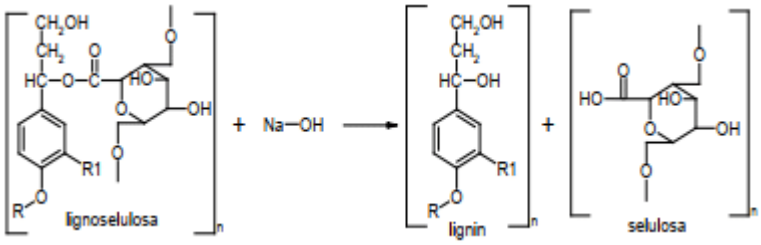
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 1. Sodium Lignosulfonat

1.2.2. Proses Delignifikasi

Sodium lignosulfonat merupakan surfaktan yang dapat dibuat dengan mereaksikan lignin dengan natrium bikarbonat ($NaHSO_3$). Proses delignifikasi merupakan proses pelarutan lignin dari TKKS sehingga lignin dapat diambil dan direaksikan lebih lanjut agar menghasilkan sodium lignosulfonat. Lignin yang terbentuk akan larut dalam larutan NaOH menjadi *black liquor* sehingga dapat dipisahkan dari padatan TKKS. Reaksi kimia yang terjadi pada saat delignifikasi berlangsung adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Reaksi Delignifikasi

Terdapat beberapa jenis proses delignifikasi yang dibedakan dari bahan kimia yang digunakan. Beberapa jenis tersebut antara lain adalah sebagai berikut (Johan).

1.2.2.1. Proses Sulfat

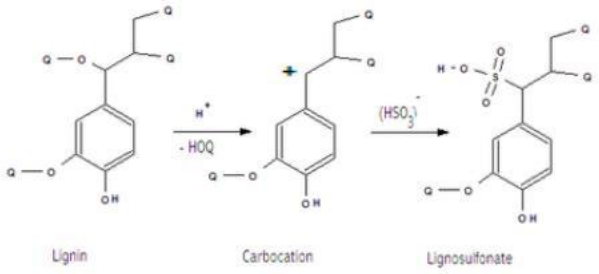
Pada proses sulfat, bahan kimia yang digunakan adalah sodium hidroksida (NaOH) dan sodium sulfit (Na_2S). Proses pemasakan dilakukan pada suhu 160 –

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

180 ^{o}C, tekanan 7 – 11 bar, dan dengan waktu tinggal yang singkat. Kelebihan dari proses sulfat adalah waktu tinggal yang singkat namun kekurangannya adalah lebih cocok untuk kayu dan bau yang menyengat.

1.2.2.2. Proses Sulfit

Proses sulfit menggunakan senyawa sulfit seperti monosulfit ($SO3^{2-}$), bisulfit (HSO^{3-}), dan asam sulfit (H_2SO_3). Penambahan senyawa sulfit ini dimaksudkan untuk memecah eter menggunakan ion bisulfit untuk memberikan gugus sulfonat sehingga produk hasil sudah berupa lignosulfonat.



Gambar 3. Proses Delignifikasi Metode Sulfit

1.2.2.3. Proses Soda/Alkali

Proses sini menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) yang digunakan sebagai pereaksi sekaligus pelarut lignin. Natrium hidroksida yang dimasukkan memiliki jumlah 10% dari berat TKKS yang masuk. Kondisi operasi yang digunakan adalah suhu yang mencapai 170^{o}C, tekanan 7 – 11 bar, dan waktu pemasakan 1 – 2 jam. Adapun faktor yang mempengaruhi proses ini adalah konsentrasi pelarut, perbandingan cairan pemasak dengan bahan baku yang masuk, suhu pemasakan, dan waktu pemasakan. Semakin tinggi konsentrasi NaOH akan menyebabkan semakin banyaknya selulosa yang larut. Perbandingan cairan dengan bahan baku harus memadai karena pemecahan lignin dapat dilakukan dengan sempurna. Suhu pemasakan berhubungan dengan laju reaksi yang mana semakin tinggi suhu menyebabkan semakin cepatnya pemecahan makromolekul sehingga hasil produk lignin semakin banyak. Waktu pemasakan juga hal penting dimana waktu optimum delignifikasi adalah 60 – 120 menit, setelah itu proses pelarutan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

lignin akan konstan (Surest, 2010). Kelebihan dari proses ini adalah proses yang sederhana, bahan non-kayu dapat digunakan, sedikit bahan kimia yang digunakan.

1.2.2.4. Proses Organosolv

Proses organosolv merupakan proses delignifikasi dengan menggunakan pelarut organik seperti aseton, asam asetat, etanol, atau metanol. Pelarut organik akan memutus ikatan eter sehingga lignin dapat terlepas dan larut (Artati dkk, 2009). Kelebihan dari proses ini adalah ramah lingkungan, *black liquor* yang dihasilkan mudah diolah karena tidak ada unsur sulfur, bahan mudah terdegradasi. Namun terdapat potensi bahaya yaitu bahan kimia mudah menguap dan mudah mengalami kebakaran.

1.2.3. Justifikasi Proses

Berikut merupakan tabel perbandingan metode-metode pada proses delignifikasi:

Tabel 1. Perbandingan Proses (Haroen dan Sudarmin, 2011; Biermann, 1996)

No.	Proses	Kelebihan	Kekurangan
1	Sulfat/Kraft	1. Waktu tinggal singkat 2. Kemurnian yang dihasilkan tinggi	1. Lebih cocok untuk pengolahan bahan baku berbasis kayu 2. Menghasilkan bau menyengat 3. Lignin mengandung sulfur
2	Sulfit	1. Biaya instalasi lebih rendah	1. Waktu tinggal lama 2. *Recovery* bahan kimia sulit 3. Lignin mengandung sulfur

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3	Soda	1. Ramah lingkungan, tidak mengandung sulfur 2. Dapat digunakan untuk bahan baku selain kayu 3. Dapat menghilangkan kandungan lignin dari bahan baku lebih banyak (bilangan Kappa rendah)	1. Biaya produksi tinggi 2. Kurang ramah lingkungan
4	*Organosolv*	1. Ramah lingkungan, tidak mengandung sulfur 2. Proses *recovery* mudah	1. Bahan kimia mudah menguap

Berdasarkan Tabel 1, maka dapat dilihat bahwa proses yang dapat digunakan adalah proses soda dan proses organosolv. Pada prarancangan pabrik SLS dari TKKS ini akan digunakan kombinasi dari kedua proses tersebut yang telah didukung dengan data-data Laporan Akhir Pekerjaan yang disusun oleh Tim Peneliti EOR Universitas Gadjah Mada pada tahun 2015 dengan judul "Optimasi Proses dan Kinetika Reaksi serta Formulasi Surfaktan SLS Berbahan Baku TKKS untuk *Enhanced Oil Recovery*". Proses soda dan organosolv ini digunakan karena proses tersebut menghasilkan produk yang lebih baik untuk bahan baku yang akan digunakan yaitu TKKS serta tidak mengandung sulfur yang berbahaya dimana dibutuhkan pengolahan lebih lanjut.

1.3. Analisis Pasar

1.3.1. Potensi Pasar

Sodium lignosulfonat (SLS) merupakan surfaktan yang memiliki kegunaan untuk menurunkan tegangan muka cairan sehingga antara dua cairan yang tidak

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

saling larut akan dapat larut membentuk emulsi. Surfaktan ini banyak digunakan dalam industri sebagai bahan tambahan beton, bahan tambahan dalam *slurry* batu bara pada proses *pulping*, bahan tambahan dalam makanan binatang, pelunak lumpur dalam pengeboran tanah, dan pengontrol debu dalam industri mineral. Selain itu, surfaktan ini juga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan vanillin, pestisida, papan gypsum, *carbon black*, tinta, dan pigmen, pengolahan air sebagai penghilang tumpahan minyak, pembersih, menstabilkan emulsi. Untuk potensi pasar baru, pembuatan surfaktan dapat mencegah limbah kayu yang terbuang ke lingkungan, stabilisasi enzim, aplikasi di farmaseutikal, dan sebagai bahan dalam flotasi, *oilfield drilling*, dan *enhanced oil recovery* (EOR) (Gargulak, 2000).

Kebutuhan SLS di dunia diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya. Pasar SLS di dunia diperkirakan akan tumbuh dari US$642 juta di 2021 menjadi US$1.103,08 juta pada tahun 2029 dengan nilai *compound annual growth rate* (CAGR) sebesar 7% (Data Bridge Market Research, 2022). Hal tersebut mengakibatkan SLS menjadi salah satu pasar yang menjanjikan.

1.3.2. Kebutuhan Sodium Lignosulfonat di Indonesia

Kebutuhan sodium lignosulfonat akan semakin meningkat seiring dengan strategi pemerintah untuk mencapai target produksi minyak 1 juta barel per hari (bph) pada tahun 2030. Target ini dapat dicapai dengan menggunakan teknologi *enhanced oil recovery* (EOR) yang menggunakan surfaktan dalam prosesnya. Selain itu, kegunaan surfaktan juga dapat mempermudah proses pengeboran karena surfaktan dapat melunakkan tanah sehingga pengeboran dapat dilakukan dengan lebih cepat dan energi yang digunakan lebih kecil. Sodium lignosulfonat merupakan surfaktan jenis anionik karena terikat dengan gugus anion yaitu sulfat. Kebutuhan akan surfaktan anionik disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Data Ekspor dan Impor Surfaktan Anionik di Indonesia (BPS, 2020)

Tahun	Ekspor		Impor	
	Berat (ton)	Nilai (USD)	Berat (ton)	Nilai (USD)
2005	21.053,25	23.617.061	16.376,52	19.561.960

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tahun	Ekspor		Impor	
	Berat (ton)	Nilai (USD)	Berat (ton)	Nilai (USD)
2006	26.201,80	29.154.490	20.232,45	25.161.752
2007	37.051,16	40.184.851	13.262,55	16.975.633
2008	29.042,00	46.796.566	17.514,55	28.964.737
2009	31.695,46	39.452.807	23.625,84	28.785.766

1.3.3. Kapasitas Produksi yang Sudah Ada

Indonesia belum secara spesifik memproduksi surfaktan berupa SLS. Namun, Produksi surfaktan dari bahan baku petrokimia sedang dikembangkan oleh PT Petrokimia Gresik dimana telah berhasil memproduksi sebesar 23.000 liter per tahunnya dan tengah diusahakan peningkatan kapasitas produksi hingga mencapai 3.000 ton/tahun. Sebagai perbandingan lainnya, kapasitas dari pabrik lignosulfonat di luar negeri dapat dilampirkan.

Tabel 3. Kapasitas Pabrik Lignosulfonat di Dunia (Gargulak, 2000)

Pabrik	Negara	Kapasitas (ton/tahun)
Borregaard LignoTech	Norway	160.000
LignoTech Sweden	Sweden	60.000
Borregaard Germany	Germany	50.000
LignoTech Iberica	Spain	30.000
LignoTech Finland	Finland	20.000
LignoTech USA	United States	60.000
Georgia Pacific	United States	200.000
Westvaco	United States	35.000
Flambeau Paper	United States	60.000
Tembec	Canada	20.000
Avebene	France	40.000
Tolmezzo	Italy	30.000
Sanyo Kokkusaka	Japan	50.000

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pabrik	Negara	Kapasitas (ton/tahun)
Lainnya		150.000

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 3, dapat diihat bahwa kapasitas pabrik Lignosulfonat umumnya memiliki kapasitas 20.000-60.000 ton/tahun. Pada pasar dunia, senyawa lignosulfonat diolah dan dimanfaatkan menjadi 4 jenis produk, yaitu SLS, kalsium lignosulfonat, magnesium lignosulfonat, serta produk lignosulfonat lainnya (Transparency Market Research, 2021). Dimana pasar surfaktan SLS mencapai 1/3 dari total pasar lignosulfonat. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, akan dirancang pabrik surfaktan SLS dari TKKS dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun yang berdiri pada tahun 2027 untuk memenuhi kebutuhan surfaktan dalam dan luar negeri sehingga dapat meningkatkan nilai pendapatan negara. Penentuan lain dari kapasitas ini adalah ketersediaan bahan baku. Dengan asumsi 1 ton SLS dapat diproduksi dari 7,7 ton TKKS, maka dapat dihitung kebutuhan TKKS dalam 1 tahun sebesar 154.000 ton. Kebutuhan TKKS tersebut dapat dipenuhi oleh ketersediaan TKKS di Riau, sehingga kapasitas pabrik tersebut *feasible* untuk digunakan.

1.4. Penentuan Lokasi

Pabrik sodium lignosulfonat didirikan di Kawasan Industri Tenayan (KIT) Raya, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Provinsi Riau dipilih sebagai pilihan pertama dalam penentuan lokasi pabrik karena kami menggunakan orientasi pada bahan baku (*raw material oriented*) dimana Provinsi Riau memiliki hasil produksi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terbesar di Indonesia. Selain melihat dari ketersediaan bahan baku, pemilihan lokasi juga dilihat dari berbagai aspek seperti sarana transportasi, pemasaran produk, utilitas, pengolahan limbah, tenaga kerja, kondisi geografi, hingga aspek politis, sosial, dan ekonomi yang paling menguntungkan dibandingkan dengan lokasi lainnya di Provinsi Riau. Kawasan Industri Tenayan (KIT) dikelola oleh PT. Sarana Pembangunan Pekanbaru dengan luas 256 Ha dan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PLTU seluas 40 Ha. Lokasi rencana pembangunan pabrik dipilih dekat dengan PLTU dan Sungai Siak dengan luas 42 Ha.



Gambar 3. Rencana Lokasi Pabrik Sodium Lignosulfonat (earth.google.com)

1.4.1. Ketersediaan Bahan Baku

Proses pembuatan sodium lignosulfonat memiliki bahan baku berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Tandan kosong kelapa sawit dapat diperoleh dari limbah padat hasil samping pengolahan *crude palm oil* (CPO) pada industri oleokimia. Industri ini membutuhkan buah kelapa sawit yang mana akan dipisahkan buahnya dari tandannya sehingga tandan kelapa sawit akan dibuang. Produksi oleokimia terbesar berada di Provinsi Riau. Menurut data BPS Provinsi Riau tahun 2019, luas perkebunan di Riau mencapai 2.537.375 hektar dengan produksi kelapa sawit sebesar 7.466.260 ton/tahun. Setiap 1 ton tandan buah segar menghasilkan sekitar 23% TKKS sehingga produksi TKKS di Provinsi Riau mencapai 1.717.240

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ton (Abnisa dkk, 2013). Persebaran perusahaan di Provinsi Riau dapat dilihat dari Gambar 6.



Gambar 6. Persebaran Perusahaan Perkebunan Kelapa Sawit di Provinsi Riau Tahun 2020 (BPS Provinsi Riau, 2020)

Tabel 4. Produksi Kelapa Sawit Provinsi Riau (BPS Provinsi Riau, 2019)

Kabupaten/Kota	Produksi Perkebunan (Ton)	
	2018	2019
Pelalawan	1.339.609	1.339.609
Rokan Hulu	1.195.460	1.195.460
Siak	1.193.290	1.098.665
Kampar	1.222.465	955.735
Rokan Hilir	813.834	813.832
Indragiri Hilir	733.009	731.009
Indragiri Hulu	286.243	469.273
Kuantan Singingi	452.218	450.804
Bengkalis	334.066	334.066
Dumai	82.122	41.195
Pekanbaru	31.219	36.612
Kepulauan Meranti	-	0
Provinsi Riau	7.683.535	7.466.260

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.4.2. Ketersediaan Sarana Transportasi

Provinsi Riau memiliki jalan nasional sepanjang 1.336,61 km, jalan kabupaten dan kota sepanjang 19.773,81 km, dan jalan provinsi sepanjang 2,799,81 km yang dapat menghubungkan antar kabupaten maupun provinsi. Data kondisi jalan nasional menunjukkan bahwa sebesar 88,60% jalan menunjukkan kondisi yang mantap dengan rata – rata lebar 6,81 meter menjadikan kondisi jalan ini dapat dilalui oleh kendaraan besar untuk keperluan transportasi bahan baku TKKS. Selain itu, untuk transportasi laut. Provinsi Riau memiliki dua pelabuhan besar yaitu Pelabuhan Internasional Dumai dan Pelabuhan Perawang yang berada di Sungai Siak, Pekanbaru, dan merupakan cabang dari Pelabuhan Indonesia 1 (Persero) yang dapat melakukan ekspor ke India, China, dan Eropa. Jarak antara Kawasan Industri Tenayan dan Pelabuhan Perawang adalah 12,6 km. Pelabuhan Perawang dapat digunakan untuk transportasi bahan baku karena Sungai Siak membentang melewati dua kabupaten dengan kebun kelapa sawit yang besar yaitu Kabupaten Rokan Hulu dan Kabupaten Kampar.

1.4.3. Daerah Pemasaran

Sodium lignosulfonat digunakan oleh industri petrokimia sebagai surfaktan dalam kegiatan pengeboran minyak, *enhanced oil recovery* (EOR), maupun untuk remediasi tanah. Oleh karena itu, pemasaran dari SLS dilakukan kepada industri petrokimia yang berada di Pulau Sumatra, Jawa, dan Kalimantan. Pemasaran di Pulau Sumatra dapat dilakukan melalui jalur darat sedangkan untuk Pulau Jawa dan Kalimantan dapat menggunakan jalur laut melewati Pelabuhan Dumai maupun Pelabuhan Merak.

1.4.4. Ketersediaan Utilitas

Ketersediaan akan sumber energi dan air bersih merupakan hal yang penting dalam mendirikan suatu pabrik. Di wilayah Kawasan Industri Tenayan sendiri memiliki sebuah pembangkit listrik untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik. Pemerintah Kota Pekanbaru telah resmi mendirikan PLTU Pekanbaru, Riau dengan kapasitas 2x110 MW pada tahun 2017 untuk menunjang kawasan industri tersebut

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dan bahkan memasok 30% kebutuhan listrik di Pulau Sumatra. PLTU Tenayan juga berlokasi di tepi Sungai Siak yang mana menjadi sumber air bersih. Lokasi pabrik yang juga dekat dengan Sungai Siak yang airnya dapat diambil dan diolah untuk memenuhi kebutuhan air bersih pabrik.

1.4.5. Ketersediaan Tenaga Kerja

Berdasarkan Statistik Ketenagakerjaan Kota Pekanbaru Tahun 2020, jumlah angkatan kerja atau penduduk yang berada di usia produktif (15 – 65 tahun) di Kota Pekanbaru mencapai 507.617 orang dimana 47.521 orang atau 9,36% pengangguran. Dengan didirikannya pabrik ini, tingkat pengangguran dapat diturunkan dengan semakin bertambahnya lahan pekerjaan yang kami sediakan.

1.4.6. Kondisi Geografis

Kota Pekanbaru memiliki luas 632,26 km^2 dan terdiri dari 12 kecamatan termasuk Kecamatan Tenayan Raya. Kondisi tanah di wilayah ini memiliki kontur landai dan bergelombang dengan ketinggian berkisar antara 5 – 11 meter dan berada di atas permukaan laut sekitar 5 – 50 meter. Kota ini memiliki iklim tropis dengan suhu udara maksimum berkisar antara 34,1 – 35,6^oC dan suhu minimum 20,2 – 23,0^oC. Curah hujan pada kota ini berkisar antara 38,6 – 435,0 mm/tahun dengan musim penghujan pada bulan Januari – April dan September – Desember.

1.4.7. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah memiliki strategi untuk menargetkan produksi minyak sebesar 1 juta barel per hari (bph) pada tahun 2030 dengan metode EOR. Selain itu, Pemerintah Kota Pekanbaru juga sedang menyiapkan Kawasan Industri Tenayan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024 yang berarti KIT sudah menjadi program prioritas yang didasarkan oleh Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 18 Tahun 2020. Selain itu, Pemerintah Kota Pekanbaru telah mendesain Kecamatan Tenayan Raya sebagai pusat pemerintah dan kawasan industri modern. Pembangunan infrastruktur juga sedang digencarkan dengan dana lebih dari Rp 1 triliun. Pembangunan infrastruktur ini terdiri dari pengolahan air,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pengolahan limbah, jaringan komunikasi, drainase, dan juga kawasan dalam KIT. Dengan adanya infrastruktur yang memadai, pembangunan pabrik SLS ini akan semakin memungkinkan karena fasilitas – fasilitas pendukung semakin banyak dan memudahkan kegiatan produksi.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II
URAIAN PROSES

2.1. Proses *Pre-Treatment*

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) diambil dari gudang penyimpanan (GP-101) menggunakan *belt conveyor* (BC-101) menuju *chipper* (CH-101). Di *chipper*, TKKS akan dikecilkan ukurannya dan kemudian akan dikirim menuju *mixer* (V-102) menggunakan *belt conveyor* (BC-102). Natrium hidroksida (NaOH) diambil melalui tangki penyimpanan (TK-101) yang dialirkan menggunakan *screw conveyor* (SC-101) menuju *mixer* (V-101). Natrium hidroksida (NaOH) dilarutkan menggunakan air yang diperoleh dari tangki penyimpanan (TK-104) dan etanol yang diperoleh dari tangki penyimpanan (TK-105) dengan suhu 30^{o}C dan tekanan 1 atm. Dari tangki penyimpanan (TK-104), air dialirkan menggunakan pompa (P-101) dan etanol dialirkan dari tangki penyimpanan (TK-105) menggunakan pompa (P-102) menuju *mixer* (V-101). Pelarutan NaOH menggunakan air dan etanol menghasilkan panas karena reaksi pelarutan terjadi secara eksotermis. Suhu di *mixer* (V-101) mengikuti suhu hasil reaksi pelarutan yaitu 35,50oC dan tekanan yaitu 1 atm. Larutan dari *mixer* (V-101) kemudian dialirkan menggunakan pompa (P-103) menuju ke *mixer* (V-102) di mana terjadi kontak dengan *chip* TKKS.

2.2. Proses Delignifikasi

Campuran *chip* kemudian dialirkan menuju *preheater* (E-101) menggunakan pompa (P-104) untuk dinaikkan suhunya menjadi suhu operasi yaitu 170^{o}C. Tekanan operasi dinaikkan dengan menggunakan pompa (P-104) menjadi 11 atm. Campuran yang telah panas kemudian dialirkan menuju reaktor (R-101) untuk dilakukan reaksi delignifikasi selama 2 jam. Hasil reaksi kemudian diekspansikan menggunakan *flash tank* (FT-101) sehingga tekanan menjadi 1 atm dan suhu campuran menjadi 93,04oC. Campuran kemudian dialirkan menuju filter (RDVF-101). Pemisahan antara padatan sisa reaksi delignifikasi dengan filtrat terjadi di filter (RDVF-101). Filtrat kemudian akan dialirkan menuju *precipitation mixer* (V-

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

103) untuk dilakukan pengendapan lignin menggunakan pompa (P-105). Pengendapan lignin terjadi di *mixer* (V-103) dengan mencampurkan filtrat filter (RDVF-101) dan larutan H_2SO_4 yang diperoleh dari tangki penyimpanan (TK-106) dengan suhu 26^oC dan tekanan 1 atm yang dialirkan menggunakan pompa (P-106). Campuran kemudian dialirkan menuju filter (RDVF-102) untuk dipisahkan padatan ligninnya dari cairannya.

2.3. Proses Sulfonasi

Padatan lignin yang diperoleh kemudian dialirkan menuju reaktor sulfonasi (R-102) untuk mereaksikan lignin dengan larutan natrium bisulfit (NaHSO3). Larutan $NaHSO_3$ diperoleh dengan melarutkan padatan $NaHSO_3$ dari silo (TK-102) dan air dari tangki penyimpanan (TK-107) di *solution mixer* (V-104). Padatan NaHSO3 dikirim ke *mixer* (V-104) menggunakan *screw conveyor* (SC-102) dan air dialirkan menggunakan pompa (P-107). Larutan NaHSO3 kemudian dialirkan menuju reaktor sulfonasi (R-102) menggunakan pompa (P-108). Sebelum masuk ke dalam reaktor sulfonasi, larutan $NaHSO_3$ perlu dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heat exchanger* (E-102) untuk disesuaikan dengan suhu operasi yaitu 97^oC. Reaktor sulfonasi (R-102) berfungsi untuk mereaksikan lignin dengan $NaHSO_3$ menjadi sodium lignosulfonat (SLS). Campuran hasil reaksi kemudian dialirkan menuju filter (RDVF-103) untuk dihilangkan sisa lignin yang tidak bereaksi. Filtrat yang berupa larutan SLS kemudian dialirkan menuju metanol *mixer* (V-105) menggunakan pompa (P-19). Sebelum masuk ke *mixer* (V-105), larutan SLS perlu didinginkan hingga suhunya mencapai 78,32^oC agar suhu larutan lebih rendah dengan titik didih metanol. *Mixer* (V-105) berfungsi untuk mengendapkan $NaHSO_3$ yang tidak bereaksi di reaktor sulfonasi (R-102). Metanol diperoleh dari tangki penyimpanan (TK-108) yang dialirkan menggunakan pompa (P-110). Campuran hasil pengendapan kemudian akan dialirkan menuju filter (RDVF-104) untuk memisahkan endapan $NaHSO_3$ sehingga didapatkan filtrat larutan SLS.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.4. Proses *Post-Treatment*

Larutan SLS kemudian dipekatkan dengan cara menguapkan pelarut menggunakan evaporator (EVA-101) yang dialirkan menggunakan pompa (P-111). Sebelum memasuki evaporator (EVA-101), larutan perlu dinaikkan suhunya terlebih dahulu menggunakan *preheater* (E-104) agar larutan masuk saat sudah mencapai suhu didihnya yaitu 87,02^{o}C. Larutan kemudian masuk ke dalam evaporator (EVA-101) dan dipekatkan hingga memiliki kadar air 60%. Larutan SLS pekat kemudian akan dikeringkan menjadi butiran padatan dengan menggunakan *spray dryer* (SD-101). Hasil serbuk SLS kemudian akan jatuh ke *belt conveyor* (BC-103) dan dikirim menuju tangki penyimpanan produk (TK-103).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB III
SPESIFIKASI BAHAN

3.1. Bahan Baku

3.1.1. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Komposisi (%massa kering) (Dewanti, 2018):

Lignin : 19,12%
Selulosa : 49,62%
Hemiselulosa : 21,32%
Zat Ekstraktif : 1,46%
Kadar Air : 7,6%

Specific gravity : 0,7953
Harga : $1.50/kg

3.2. Bahan Pendukung

3.2.1. Asam Sulfat

Rumus molekul : H_2SO_4
Wujud : Cair
Kemurnian : 37%
Massa molar : 98,08 g/mol
Titik didih : 270℃
Specific gravity : 1,84
Sifat : Higroskopis, korosif terhadap logam, tidak *flammable*, suhu penyimpanan < 23℃
Harga : $235/ton

3.2.2. Etanol

Rumus molekul : C_2H_5OH
Wujud : Cair
Kemurnian : 70%
Massa molar : 46,07 g/mol
Titik didih : 78℃

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Flash point : 17°C
Density : 0,805 g/ml (20°C)
LFL : 3,1%
UFL : 27,7%
Sifat : *Highly flammable*
Harga : $600/ton

3.2.3. Natrium Bisulfit

Rumus molekul : $NaHSO_3$
Wujud : Bubuk padat
Kemurnian : 98%
Massa molar : 104,07 g/mol
Specific gravity : 1,48
Sifat : tidak *flammable*
Harga : $250/ton

3.2.4. Metanol

Rumus molekul : CH_3OH
Wujud : Cair
Kemurnian : 95% w/w
Massa molar : 32 g/mol
Densitas : 0,791 g/cm^3
Kelarutan : 1.000 g/L air (20^oC)
Sifat : Iritan, permeator, *flammable*
Harga : $385/ton

3.2.5. Natrium Hidroksida

Rumus molekul : NaOH
Wujud : Padat *flakes*
Kemurnian : 96% w/w
Massa molar : 40 g/mol

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Densitas : 2,13 g/cm3

Kelarutan : 100 g/100 ml air (25^{o}C), eksotermis

Entalpi kelarutan : -42,59 kJ/mol

Sifat : Higroskopis, tidak *flammable*, korosif

Harga : $450/ton

3.3. Produk

3.2.1. Sodium Lignosulfonat

Rumus Molekul : $C_{20}H_{24}Na_2O_{10}S_2$

Wujud : Bubuk padat

Massa molar : 534.5 g/mol

Titik didih : 1704℃

Titik lebur : 993℃

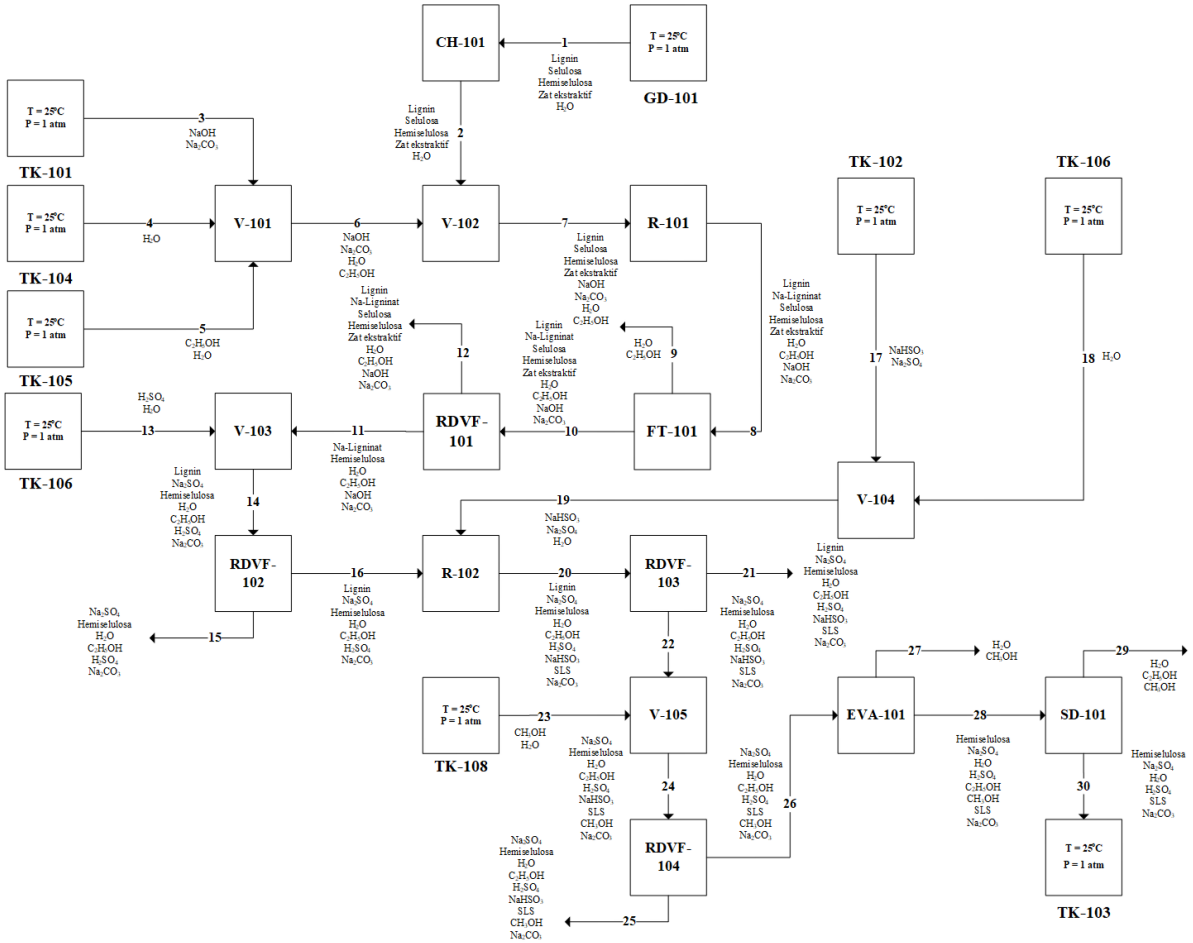
pH : 7,0-9,5

Moisture : 7%

Harga : US$450/ton

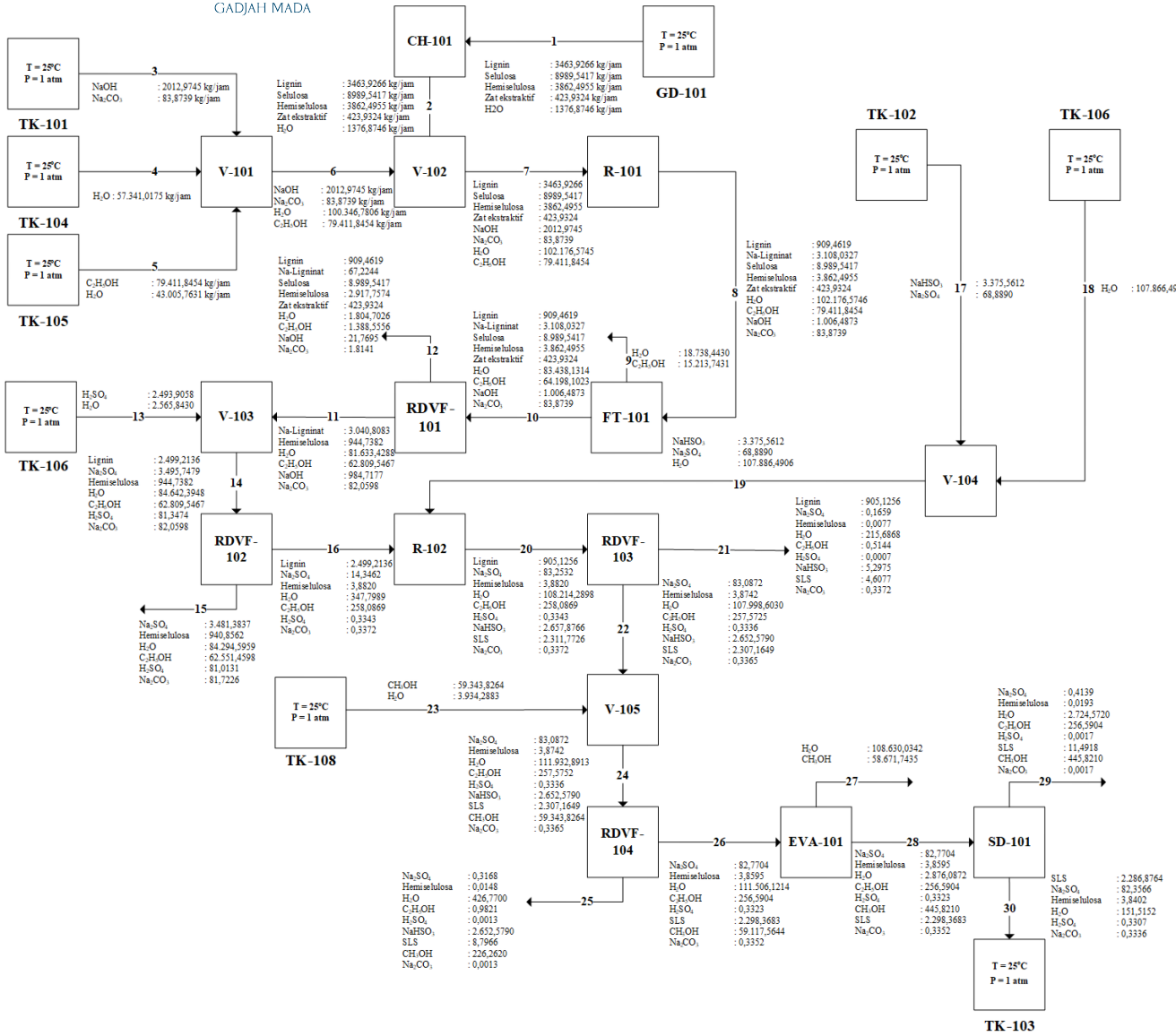
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB IV
DIAGRAM ALIR KUALITATIF DAN KUANTITATIF



Gambar 4. Diagram Blok Kualitatif Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

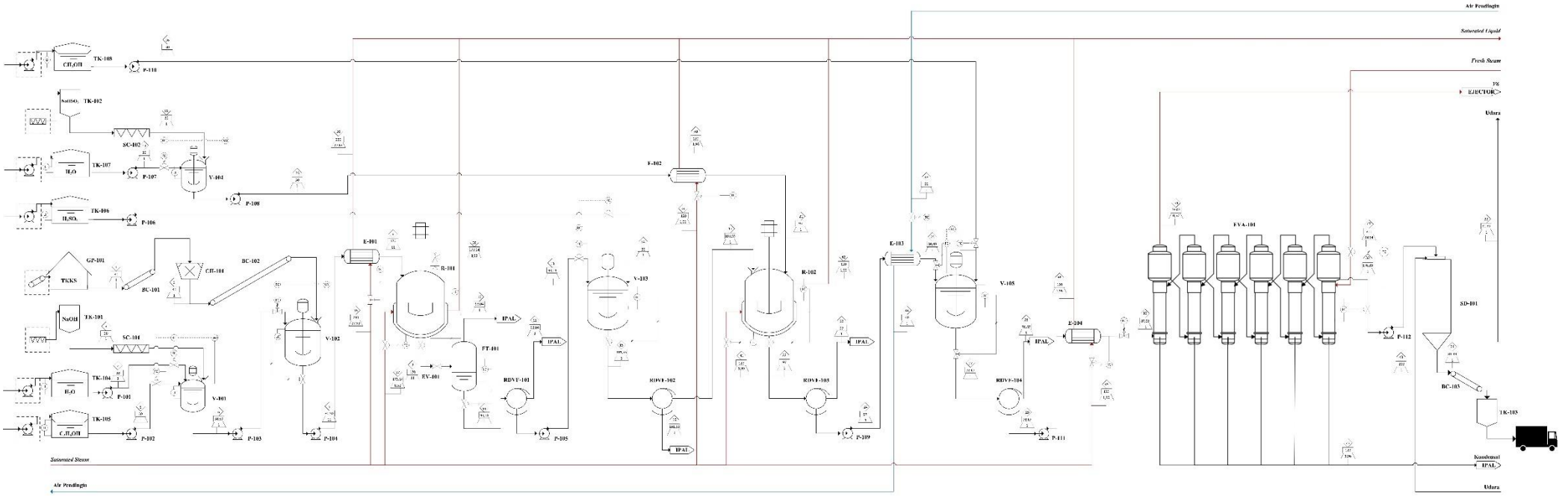


Gambar 5. Diagram Blok Kuantitatif Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

LAMPIRAN 3. PROCESS FLOW DIAGRAM



Komponen, kg/jam	1	2	3	4	5	6	7	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Lignin	3363,9266	3363,9266	0	0	0	0	3363,9266	3363,9266	909,3619	0	909,3619	0	909,3619	0	2499,2136	0	2499,2136	0	0	0	0	905,1256	905,1256	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na-Ligninat	0	0	0	0	0	0	0	0	3108,0327	0	3108,0327	2040,8083	67,2244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na_2SO_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3495,7479	3481,3837	14,3642	68,5890	0	68,5890	68,5890	83,7537	0,1659	83,0873	83,0872	0	83,0872	0,3168	82,7704	82,7704	0	82,7704	0,4139	82,3566
Selulosa	8989,5417	8989,5417	0	0	0	0	8989,5417	8989,5417	8989,5417	0	8989,5417	0	8989,5417	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hemiselulosa	3862,4955	3862,4955	0	0	0	0	3862,4955	3862,4955	3862,4955	0	3862,4955	944,7382	2917,7574	0	944,7382	940,8562	3,8820	0	0	0	0	3,8820	0,0077	3,8742	3,8742	0	3,8742	0,0148	3,8595	3,8595	0	3,8595	0,0193	3,8402
Zat ekstraktif	423,9324	423,9324	0	0	0	0	423,9324	423,9324	423,9324	0	423,9324	0	423,9324	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H_2O	1376,8746	1376,8746	0	57341,0175	42005,7631	100346,7806	101723,6552	101723,6552	102176,5745	18738,44303	82438,1314	81633,4288	1804,7026	2565,8430	84642,3948	84294,5959	347,7989	0	107866,4908	107866,4908	107866,4908	108214,2898	215,0668	107998,6030	107998,6030	3934,2883	111932,8913	426,7700	111506,1214	111506,1214	108630,0342	2876,0872	2724,5720	151,5152
C_2H_5OH	0	0	0	0	79411,8454	79411,8454	79411,8454	79411,8454	79411,8454	15213,74313	64198,1033	62409,5467	1388,5556	0	62409,5467	62551,4598	258,0869	0	0	0	0	258,0869	0,5144	257,5725	257,5725	0	257,5725	0,9821	256,5904	256,5904	0	256,5904	256,5904	0
H_2SO_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2493,9058	81,3474	81,0131	0,3343	0	0	0	0	0,3343	0,0007	0,3336	0,3336	0	0,3336	0,0013	0,3323	0,3323	0	0,3323	0,0017	0,3307
$NaHSO_3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3375,3612	0	3375,3612	3375,3612	2652,8766	5,2975	2652,5790	2652,5790	0	2652,5790	2652,5790	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	2012,9745	0	0	2012,9745	2012,9745	2012,9745	1006,487268	0	1006,4873	984,7177	21,7695	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2311,7726	4,6077	2307,1649	2307,1649	0	2307,1649	8,7966	2298,3683	2298,3683	0	2298,3683	11,4918	2286,8764
CH3OH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59343,8261	59343,8261	226,2620	59117,5641	59117,5641	58671,7435	445,8210	445,8210	0,

Notasi :

- : nomor Arus
- : tekanan, atm
- : Suhu, °C
- : arus proses
- : arus sinyal mekanik
- : arus sinyal listrik
- : arus sinyal *pneumatik*
- : *control valve*
- : *rupture disc relief valve*
- : *spring relief valve*

Keterangan Alat :

GP	: gudang penyimpanan	EVA	: evaporator
TK	: tangki penyimpanan	P	: pompa
CH	: wood chipper	R	: reaktor
BC	: belt conveyor	FT	: flash tank
SC	: screw conveyor	E	: heat exchanger
V	: mixer	SD	: spray dryer
RDVF	: rotary drum vacuum filter		

Keterangan Instrumen

FC	*: flow controller*
LC	*: level controller*
TC	*: temperature controller*
PC	*: pressure controller*
RC	*: rasio controller*
LI	*: level indicator*
WI	*: weight indicator*

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2023

Disusun oleh:
Luthfia Hapsari 19/439722/TK/48452
Muhammad Amin Habibillah 19/443853/TK/49049

Dosen Pembimbing:
Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V

NERACA MASSA

5.1. Neraca Massa Total

Tabel 5. Neraca Massa *Overall Input*

Kategori	***Input***	
	Komponen	**Jumlah, kg/jam**
Bahan Baku		
TKKS	Lignin	3463,9266
	Selulosa	8989,5417
	Hemiselulosa	3862,4955
	H_2O	423,9324
	Zat ekstraktif	1376,8746
Cooking Liquor		
NaOH	NaOH	2012,9745
	Na_2CO_3	83,8739
Etanol	C_2H_5OH	43005,7631
	H_2O	79411,8454
Air	H_2O	57341,0175
Sulfonasi		
Natrium Bisulfit	$NaHSO_3$	3375,5612
	Na_2SO_4	68,8890
Air	H_2O	107866,4908
Bahan Penunjang: Presipitasi Lignin		
Asam Sulfat	H_2SO_4	2493,9058
	H_2O	2565,8430
Bahan Penunjang: Pengendapan NaHSO3		
Methanol	CH_3OH	59343,8264

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

	H_2O	3934,2883
Total		**379621,0500**

Tabel 6. Neraca Massa *Overall Output*

Kategori	***Output***	
	Komponen	**Jumlah, kg/jam**
Produk		
SLS	SLS	2286,8764
	Air	151,5152
	Hemiselulosa	3,8402
	H_2SO_4	0,3307
	Na_2SO_4	82,3566
	Na_3CO_3	0,3336
Flash Tank		
Uap	H_2O	18738,4430
	C_2H_5OH	15213,7431
Hasil Samping Filter		
Filter 1	Lignin	909,4619
	Na-Ligninat	67,2244
	Selulosa	8989,5417
	Hemiselulosa	2917,7574
	Zat Ekstraktif	423,9324
	H_2O	1804,7026
	C_2H_5OH	1388,5556
	NaOH	21,7695

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

	Na_2CO_3	1,8141
Filter 2	Na_2SO_4	3481,3837
	Hemiselulosa	940,8562
	H_2O	84294,5959
	C_2H_5OH	62551,4598
	H_2SO_4	81,0131
	Na_2CO_3	81,7226
Filter 3	Lignin	905,1256
	Na_2SO_4	0,1659
	Hemiselulosa	0,0077
	H_2O	215,6868
	C_2H_5OH	0,5144
	H_2SO_4	0,0007
	$NaHSO_3$	5,2975
	SLS	4,6077
	Na_2CO_3	0,0007
Filter 4	Na_2SO_4	0,3168
	Hemiselulosa	0,0148
	H_2O	426,7700
	C_2H_5OH	0,9821
	H_2SO_4	0,0013
	$NaHSO_3$	2652,5790
	SLS	8,7966
	CH_3OH	226,2620
	Na_2CO_3	0,0013
Uap		
Evaporasi	H_2O	108630,0342

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

	CH_3OH	58671,7435
Spray Dryer	Na_2SO_4	0,4139
	Hemiselulosa	0,0193
	H_2O	2724,5720
	C_2H_5OH	256,5904
	H_2SO_4	0,0017
	SLS	11,4918
	CH_3OH	445,8210
	Na_2CO_3	0,0017
Total		**379621,0500**

5.2. Neraca Massa di Setiap Alat

5.2.1. *Wood Chipper* (CH-101)

Tabel 7. Neraca Massa di *Wood Chipper* (CH-101)

Komponen	**Masuk, kg/jam**	**Keluar, kg/jam**
	Arus 1	**Arus 2**
Lignin	3463,9266	3463,9266
Selulosa	8989,5417	8989,5417
Hemiselulosa	3862,4955	3862,4955
Zat ekstraktif	423,9324	423,9324
H_2O	1376,8746	1376,8746
Total	18116,77082	18116,77082

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.2. *Solution Mixer* (V-101)

Tabel 8. Neraca Massa di *Solution Mixer* (V-101)

Komponen	Masuk, kg/jam			Keluar, kg/jam
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
H_2O	0	57341,0175	43005,7631	100346,7806
Etanol	0	0	79411,8454	79411,8454
NaOH	2012,9745	0	0	2012,9745
Na_2CO_3	83,8739	0	0	83,8739
Total	2096,848475	57341,01749	122417,6085	181855,4745

5.2.3. *Pre-Reactor Mixer* (V-102)

Tabel 9. Neraca Massa di *Mixer* (V-102)

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam
	Arus 2	Arus 6	Arus 7
Lignin	3463,9266	0	3463,9266
Selulosa	8989,5417	0	8989,5417
Hemiselulosa	3862,4955	0	3862,4955
Zat ekstraktif	423,9324	0	423,9324
H_2O	1376,8746	100346,7806	101723,6552
C_2H_5OH	0	79411,8454	79411,8454
NaOH	0	2012,9745	2012,9745
Na_2CO_3	0	83,8739	83,8739
Total	18116,7708	181855,4745	199972,2453

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.4. Reaktor Delignifikasi (R-101)

Tabel 10. Neraca Massa di Reaktor Delignifikasi (R-101)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam
	Arus 8	**Arus 9**
Lignin	3463,9266	909,4619
Na-Ligninat	0	3108,0327
Selulosa	8989,5417	8989,5417
Hemiselulosa	3862,4955	3862,4955
Zat ekstraktif	423,9324	423,9324
H_2O	101723,6552	102176,5745
C_2H_5OH	79411,8454	79411,8454
NaOH	2012,9745	1006,487268
Na_2CO_3	83,8739	83,8739
Total	199972,2453	199972,2453

5.2.5. *Flash Tank* (FT-101)

Tabel 11. Neraca Massa di *Flash Tank* (FT-101)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
	Arus 9	**Arus 10**	**Arus 11**
Lignin	909,4619	0	909,4619
Na-Ligninat	3108,0327	0	3108,0327
Selulosa	8989,5417	0	8989,5417
Hemiselulosa	3862,4955	0	3862,4955
Zat ekstraktif	423,9324	0	423,9324
H_2O	102176,5745	18738,4430	83438,1314
C_2H_5OH	79411,8454	15213,7431	64198,1023
NaOH	1006,487268	0	1006,4873
Na_2CO_3	83,8739	0	83,8739
Total	199972,2453	33952,18616	166020,0592

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.6. *Rotary Drum Vacuum Filter* 1 (RDVF-101)

Tabel 12. Neraca Massa di *Filter* (RDFV-01)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
Lignin	909,4619	0	909,4619
Na-Ligninat	3108,0327	3040,8083	67,2244
Selulosa	8989,5417	0	8989,5417
Hemiselulosa	3862,4955	944,7382	2917,7574
Zat ekstraktif	423,9324	0	423,9324
H_2O	83438,1314	81633,4288	1804,7026
C_2H_5OH	64198,1023	62809,5467	1388,5556
NaOH	1006,4873	984,7177	21,7695
Na_2CO_3	83,8739	82,0598	1,8141
Total	166020,0592	149495,2996	16524,75959

5.2.7. *Precipitation Mixer* (V-103)

Tabel 13. Neraca Massa di *Precipitation Mixer* (V-103)

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
Lignin	0	0	2499,2136
Na-Ligninat	3040,8083	0	0
Na_2SO_4	0	0	3495,7479
Hemiselulosa	944,7382	0	944,7382
H_2O	81633,4288	2565,8430	84642,3948
Etanol	62809,5467	0	62809,5467
H_2SO_4	0	2493,9058	81,3474
NaOH	984,7177	0	0
Na_2CO_3	82,0598	0	82,0598
Total	149495,2996	5059,748839	154555,0484

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.8. *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-02)

Tabel 14. Neraca Massa di *Rotary Drum Vacuum Filter* (F-02)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
Lignin	2499,2136	0	2499,2136
Na_2SO_4	3495,7479	3481,3837	14,3642
Hemiselulosa	944,7382	940,8562	3,8820
H_2O	84642,3948	84294,5959	347,7989
C_2H_5OH	62809,5467	62551,4598	258,0869
H_2SO_4	81,3474	81,0131	0,3343
Na_2CO_3	82,0598	81,7226	0,3372
Total	154555,0484	151431,0315	3124,016974

5.2.9. *Solution Mixer* (V-104)

Tabel 15. Neraca Massa di *Solution Mixer* (V-104)

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam
	Arus 18	Arus 19	Arus 20
Na_2SO_4	68,8890	0	68,8890
H_2O	0	107866,4908	107866,4908
$NaHSO_3$	3375,5612	0	3375,5612
Total	3444,450202	107866,4908	111310,9411

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.10. Reaktor Sulfonasi (R-102)

Tabel 16. Neraca Massa di Reaktor Sulfonasi (R-102)

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam
	Arus 17	Arus 21	Arus 22
Lignin	2499,2136	0	905,1256
Na_2SO_4	14,3642	68,8890	83,2532
Hemiselulosa	3,8820	0	3,8820
H_2O	347,7989	107866,4908	108214,2898
C_2H_5OH	258,0869	0	258,0869
H_2SO_4	0,3343	0	0,3343
$NaHSO_3$	0	3375,5612	2657,8766
SLS	0	0	2311,7726
Na_2CO_3	0,3372	0	0,3372
Total	3124,016974	111310,9411	114434,958

5.2.11. *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-103)

Tabel 17. Neraca Massa di *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-103)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
	Arus 22	Arus 23	Arus 24
Lignin	905,1256	905,1256	0
Na_2SO_4	83,2532	0,1659	83,0872
Hemiselulosa	3,8820	0,0077	3,8742
H_2O	108214,2898	215,6868	107998,6030
C_2H_5OH	258,0869	0,5144	257,5725
H_2SO_4	0,3343	0,0007	0,3336
$NaHSO_3$	2657,8766	5,2975	2652,5790
SLS	2311,7726	4,6077	2307,1649
Na_2CO_3	0,3372	0,0007	0,3365
Total	114434,958	1131,407043	113303,5510

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.12. Methanol Mixer (V-105)

Tabel 18. Neraca Massa di *Methanol Mixer* (V-105)

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam
	Arus 25	Arus 26	Arus 27
Na_2SO_4	83,0872	0	83,0872
Hemiselulosa	3,8742	0	3,8742
H_2O	107998,6030	3934,2883	111932,8913
C_2H_5OH	257,5725	0	257,5725
H_2SO_4	0,3336	0	0,3336
$NaHSO_3$	2652,5790	0	2652,5790
SLS	2307,1649	0	2307,1649
CH_3OH	0	59343,8264	59343,8264
Na_2CO_3	0,3365	0	0,3365
Total	113303,5510	63278,11477	176581,6657

5.2.13. Rotary Drum Vacuum Filter 4 (RDVF-104)

Tabel 19. Neraca Massa di *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-104)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
	Arus 27	Arus 28	Arus 29
Na_2SO_4	83,0872	0,3168	82,7704
Hemiselulosa	3,8742	0,0148	3,8595
H_2O	111932,8913	426,7700	111506,1214
C_2H_5OH	257,5725	0,9821	256,5904
H_2SO_4	0,3336	0,0013	0,3323
$NaHSO_3$	2652,5790	2652,5790	0
SLS	2307,1649	8,7966	2298,3683
CH_3OH	59343,8264	226,2620	59117,5644
Na_2CO_3	0,3365	0,0013	0,3352
Total	176581,6657	3315,723811	173265,9419

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.14. Evaporator (EVA-101)

Tabel 20. Neraca Massa di *Evaporator* (EVA-101)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
	Arus 30	Arus 31	Arus 32
Na_2SO_4	82,7704	0	82,7704
Hemiselulosa	3,8595	0	3,8595
H_2O	111506,1214	108630,0342	2876,0872
C_2H_5OH	256,5904	0	256,5904
H_2SO_4	0,3323	0	0,3323
SLS	2298,3683	0	2298,3683
CH_3OH	59117,5644	58671,7435	445,8210
Na_2CO_3	0,3352	0	0,3352
Total	173265,9419	167301,7776	5964,164301

5.2.15. *Spray Dryer* (SD-101)

Tabel 21. Neraca Massa di *Spray Dryer* (SD-101)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
	Arus 32	Arus 33	Arus 34
Na_2SO_4	82,7704	0,4139	82,3566
Hemiselulosa	3,8595	0,0193	3,8402
H_2O	2876,0872	2724,5720	151,5152
C_2H_5OH	256,5904	256,5904	0,0000
H_2SO_4	0,3323	0,0017	0,3307
SLS	2298,3683	11,4918	2286,8764
CH_3OH	445,8210	445,8210	0,0000
Na_2CO_3	0,3352	0,0017	0,3336
Total	5964,164301	3438,9118	2525,2525

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB VI
NERACA PANAS

Pehitungan neraca panas dilakukan dengan menggunakan referensi 25^{o}C atau 298,15 K. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan panas pada setiap alat.

Suhu referensi (T_{ref}) = 25^{o}C (298,15 K)

Satuan perhitungan = kJ/jam

6.1. Neraca Panas di Alat

6.1.1. Solution Mixer (V-101)

Tabel 22. Neraca Panas di *Mixer* (V-101)

Komponen	Masuk, kJ/jam			Keluar, kJ/jam
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
NaOH	14412,9947	0	0	24111,8435
H_2O	0	1202525,1782	901893,8837	2314692,0561
Na_2CO_3	0	0	0	372,0964
C_2H_5OH	0	0	929639,8047	1022890,694
Panas Pencampuran	2144906,0945			0
Total	**3362066,6903**			**3362066,6903**

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.1.2. Pre-Heater Reaktor Delignifikasi (E-101)

Tabel 23. Neraca Panas di Reaktor *Digester* Delignifikasi

Komponen	Masuk, kJ/jam	Keluar, kJ/jam
Lignin	219720,9522	5984213,4167
Selulosa		
Hemiselulosa		
Zat ekstraktif		
Na-Ligninat		
H_2O	2346452,3243	62679399,1952
C_2H_5OH	1022890,6943	30084230,4001
NaOH	24111,8435	317021,2489
Na_2CO_3	372,0964	9784,6064
Kebutuhan Pemanasan	95461100,9567	0
Total	**99074648,8673**	**99074648,8673**

6.1.3. Precipitation Mixer (V-103)

Tabel 24. Neraca Panas di *Mixer* (V-103)

Komponen	Masuk, kJ/jam		Keluar, kJ/jam
	Arus 13	**Arus 14**	**Arus 15**
Lignin	647178,6669	0	629123,9653
Selulosa			
Hemiselulosa			
Zat ekstraktif			
Na-Ligninat			
H_2O	23211230,5138	10768,2046	27084869,4537
C_2H_5OH	10424474,0056	0	11803447,4633
NaOH	145762,8143	0	0
H_2SO_4	0	3563,4695	9214,5906
Na_2SO_4	0	0	427717,4334
Na_2CO_3	4498,8523	0	5060,3044
Panas reaksi	5429011,7115		0
Total	39959433,2107		39959433,2107

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.1.4. Pre-Heater Larutan Bisulfit (E-102)

Tabel 25. Neraca Panas di *Heat Exchanger* (E-102)

Komponen	Masuk, kJ/jam	Keluar, kJ/jam
H_2O	1826707,0387	23751652,2254
$NaHSO_3$	29557,2577	425624,5115
Na_2SO_4	552,9208	7930,4615
Pemanas	22328389,9811	0,0000
Total	**24185207,1984**	**24185207,1984**

6.1.5. Reaktor Sulfonasi (R-102)

Tabel 26. Neraca Panas di Reaktor Sulfonasi (R-102)

Komponen	Masuk, kJ/jam		Keluar, kJ/jam
	Arus 17	Arus 21	Arus 22
Hemiselulosa	457253,0349	0	553414,6481
SLS			
H_2O	111292,7919	32459668,5686	32563638,1182
C_2H_5OH	48500,8290	0	45461,3872
H_2SO_4	26,1309	0	24,5344
$NaHSO_3$	0	425633,5234	335131,6582
Na_2SO_4	1757,5077	7930,6287	9584,0558
Na_2CO_3	20,7930	0	4829,4062
Total	**33512083,8081**		**33512083,8081**

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.1.6. *Cooler* Larutan SLS (E-103)

Tabel 27. Neraca Panas di *Heat Exchanger* (E-103)

Komponen	Masuk, kJ/jam	Keluar, kJ/jam
Hemiselulosa	397097,2316	306056,2087
SLS		
H_2O	32498734,0684	25040198,4716
C_2H_5OH	45370,7761	34548,7028
H_2SO_4	24,4855	18,7425
$NaHSO_3$	334463,6923	257782,4307
Na_2SO_4	9564,9533	7361,5866
Na_2CO_3	19,5208	15,0427
Kebutuhan Pendingin	-7639293,5423	0
Total	**33285274,7280**	**33285274,7280**

6.1.7. *Methanol Mixer* (V-105)

Tabel 28. Neraca Panas di *Mixer* (V-105)

Komponen	Masuk, kJ/jam		Keluar, kJ/jam
	Arus 25	Arus 26	Arus 27
Hemiselulosa	306056,2087	0	296029,8093
SLS			
H_2O	25040198,4716	0	18935094,8372
CH_3OH	0	82507,7924	8218891,2294
C_2H_5OH	34548,7028	0	14647,6431
H_2SO_4	18,7425	0	18,1143
$NaHSO_3$	257782,4307	0	249337,4800
Na_2SO_4	7361,5866	0	7121,3552
Na_2CO_3	15,0427	14,5573	14,5573
Total	**19502263,7963**		**19502263,7963**

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.1.8. *Pre-Heater* Larutan SLS (E-104)

Tabel 29. Neraca Panas di *Heat Exchanger* (E-104)

Komponen	Masuk, kJ/jam	Keluar, kJ/jam
Hemiselulosa	294901,1273	340756,9674
SLS		
H_2O	25006892,8767	28894668,6424
CH_3OH	8187554,8107	9515308,4997
C_2H_5OH	33247,0323	38644,7298
H_2SO_4	26,1472	30,3196
Na_2SO_4	7111,2551	8212,6356
Na_2CO_3	14,5018	16,7537
Kebutuhan Pemanas	5267880,7971	0
Total	**38797628,5482**	**38797628,5482**

6.1.9. Evaporator (EVA-101)

Tabel 30. Neraca Panas di *Evaporator* (V-105)

Komponen	Masuk, kJ/jam	Keluar, kJ/jam
	Arus 30	**Arus 31**
Hemiselulosa	340756,9674	383005,1932
SLS		
H_2O	28894668,6424	837870,7559
CH_3OH	9515308,4997	81104,6365
C_2H_5OH	38644,7298	43684,9705
H_2SO_4	30,3196	34,1882
Na_2SO_4	8212,6356	9226,8096
Na_2CO_3	16,7537	18,8288
Panas Penguapan	303159038,1706	0
Kebutuhan Pemanas	0	265716355,0052
Total	**304513983,5534**	**304513983,5534**

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.1.10. Spray Dryer (SD-101)

Tabel 31. Neraca Panas di *Evaporator* (V-105)

Komponen	**Masuk, kJ/jam**	**Keluar, kJ/jam**
	Arus 31	**Arus 32**
Hemiselulosa	383005,1932	410005,5113
SLS		
H_2O	837870,7559	47500,3209
CH_3OH	81104,6365	0,0000
C_2H_5OH	43684,9705	0,0000
H_2SO_4	34,1882	36,6763
Na_2SO_4	9226,8096	9874,0584
Na_2CO_3	18,8288	20,1542
Panas Penguapan	6978800,6597	0
Kebutuhan Pemanas	0	6091291,9980
Total	7446237,3808	7446237,3808

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB VII
SPESIFIKASI ALAT

1. Gudang Penyimpanan Tandan Kosong Kelapa Sawit (GP-101)

Tugas	:	Menyimpan bahan baku tandan kosong kelapa sawit kering sebanyak dengan laju keluar 18116,7708 kg/jam dengan waktu penyimpanan selama 14 hari.
Jenis Alat	:	*Indoor storage* persegi empat tegak, *flat bottom*, atap segitiga
Kondisi Operasi	:	P = 1 atm
		T = 30^{o}C
Spesifikasi	:	
Padatan tertampung		= 4.373,4409 m^3
Volume gudang		= 6.297,7549 m^3
Tinggi gudang		= 10 m
Luas Area gudang		= 6.229,7760 m^2
Harga Satuan	:	$ 3.049,87
Jumlah	:	4 buah

2. Silo NaOH (TK-101)

Tugas	:	Menyimpan bahan baku NaOH flakes 96% dengan laju keluar silo sebanyak 2096,8485 kg/jam dengan waktu penyimpanan selama 7 hari.
Jenis Alat	:	Tangki silinder tegak dengan *conical hopper* dan *flat roof*
Kondisi Operasi	:	P = 1 atm
		T = 30^{o}C
Dimensi Silo	:	
Diameter silo		= 3,3082 m

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tinggi *shell* = 9,9246 m
Tebal *cone* = 0,3125 in
Tinggi *cone* = 1,7742 m
Diameter Bukaan Silo = 0,3308 m
Tebal *shell* = 0,3125 in

Bahan Konstruksi : Stainless steel SA-240 Tipe 304
Harga Satuan : $19.096,98
Jumlah : 2 buah

3. Silo $NaHSO_3$ (TK-102)

Tugas : Menyimpan bahan baku $NaHSO_3$ flakes 98% dengan laju aliran keluar sebanyak 3444,4502 kg/jam dengan waktu penyimpanan selama 14 hari.
Jenis Alat : Tangki silinder tegak dengan *conical hopper* dan *flat roof*
Kondisi Operasi : P = 1 atm
T = 30^oC
Dimensi Silo :
Diameter silo = 6,9649 m
Tinggi *shell* = 20,8943 m
Tebal *cone* = 0,4375 in
Tinggi *cone* = 3,7351 m
Diameter Bukaan Silo = 0,6965 m
Tebal *shell* = 0,4375 in
Bahan Konstruksi : *Carbon steel*
Harga Satuan : $29.503,76
Jumlah : 1 buah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4. Silo SLS (TK-103)

Tugas : Menyimpan produk SLS dengan aliran masuk sebanyak 2525,2525 kg/jam dengan waktu penyimpanan selama 14 hari.

Jenis Alat : Tangki silinder tegak dengan *conical hopper* dan *flat roof*

Kondisi Operasi : P = 1 atm
T = 30^{o}C

Dimensi Silo :

Diameter silo	= 5,8080 m
Tinggi *shell*	= 17,4240 m
Tebal *cone*	= 0,3125 in
Tinggi *cone*	= 3.1148 m
Diameter Bukaan Silo	= 0,5808 m
Tebal *shell*	= 3,1148 in

Bahan Konstruksi : Stainless steel SA-240 Tipe 304

Harga Satuan : $26.821,60

Jumlah : 3 buah

5. Tangki Penyimpanan Air (TK-104)

Tugas : Menyimpan bahan baku air sebanyak 57341,0175 kg/jam selama 3 hari.

Jenis Alat : Tangki silinder tegak dengan *flat bottom* dan *conical roof.*

Kondisi Operasi : P = 1 atm
T = 30^{o}C

Dimensi Tangki :

Diameter tangki	= 27,4320 m
Tinggi *shell*	= 10,9728 m
Tebal *shell*	= 1,75 in.
Tinggi *head*	= 196,5450 in

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tebal *head* = 2,0625 in.

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel* (SA 135)

Harga Satuan : $737.914,78

Jumlah : 1 buah

6. Tangki Penyimpanan Etanol 70% (TK-105)

Tugas : Menyimpan bahan baku etanol 70% dengan aliran keluar sebanyak 122.417,6085 kg/jam dengan waktu penyimpanan selama 7 hari.

Jenis Alat : Tangki silinder tegak dengan *flat bottom* dan *conical roof*.

Kondisi Operasi : P = 1 atm

T = 30^{o}C

Dimensi Tangki :

Diameter tangki = 27,4320 m

Tinggi *shell* = 17,0688 m

Tebal *shell* = 4,1875 in

Tinggi *head* = 144,6926 in

Tebal *head* = 1 in

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel* (SA 135)

Harga Satuan : $1.185.646,58

Jumlah : 3 buah

7. Tangki Penyimpanan Asam Sulfat 37% (TK-106)

Tugas : Menyimpan bahan baku asam sulfat 37% dengan aliran keluar sebanyak 5059,7488 kg/jam dengan waktu penyimpanan selama 7 hari.

Jenis Alat : Tangki silinder tegak dengan *flat bottom* dan *conical roof*.

Kondisi Operasi : P = 1 atm

T = 26^{o}C

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Dimensi Tangki :

Diameter tangki = 15,24 m

Tinggi *shell* = 5,4864 m

Tebal *shell* = 0,5625 in

Tinggi *head* = 80,3848 in.

Tebal *head* = 0,5625 in

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel* 316 (SA 336)

Harga Satuan : $503,789.88

Jumlah : 1 buah

8. Tangki Penyimpanan Air (TK-107)

Tugas : Menyimpan bahan baku air dengan aliran keluar sebanyak 107.866,4908 kg/jam dengan waktu penyimpananselama 3 hari.

Jenis Alat : Tangki silinder tegak dengan *flat bottom* dan *conical roof*.

Kondisi Operasi : P = 1 atm

T = 30^{o}C

Dimensi Tangki :

Diameter tangki = 36,5760 m

Tinggi *shell* = 12,8016 m

Tebal *shell* = 1,625 in.

Tinggi *head* = 192,9234 in

Tebal *head* = 5,75 in.

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel* (SA 135)

Harga Satuan : $1,185,646.58

Jumlah : 1 buah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

9. Tangki Penyimpanan Metanol (TK-108)

Tugas	:	Menyimpan bahan baku metanol 95% sebanyak 63278,1148 kg/jam selama 7 hari.
Jenis Alat	:	Tangki silinder tegak dengan *flat bottom* dan *conical roof*.
Kondisi Operasi	:	P = 1 atm T = 30^{o}C
Dimensi Tangki	:	
Diameter tangki		= 30,48 m
Tinggi *shell*		= 12,8016 m
Tebal *shell*		= 2,6875 in
Tinggi *head*		= 160,7695 in
Tebal *head*		= 9,8125 in
Bahan Konstruksi	:	*Carbon Steel* (SA 135)
Harga Satuan	:	$935.400,41
Jumlah	:	2 buah

10. Belt Conveyor (BC-101)

Tugas	:	Mengangkut tandan kosong kelapa sawit sebanyak 18.116,7778 kg/jam dari gudang penyimpanan (GP-101) menuju *woodchipper* (CH-101).
Jenis Alat	:	*Centrifugal Discharge*
Kondisi Operasi	:	P = 1 atm T = 30^{o}C
Spesifikasi	:	
Panjang *conveyor*		= 40 m
Lebar *belt*		= 10 in
Kecepatan *Belt*		= 83,0352 fpm

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Power = 0,70 hp

Harga Satuan : $2.198,36

Jumlah : 1 buah

11. Belt Conveyor (BC-102)

Tugas : Mengangkut tandan kosong kelapa sawit sebanyak 18116,7778 kg/jam dari *woodchipper* (CH-101) menuju *mixer* (V-102)

Jenis Alat : *Centrifugal Discharge*

Kondisi Operasi : P = 1 atm

T = 30^{o}C

Spesifikasi :

Panjang *conveyor* = 23,4164 m

Lebar *belt* = 42 in

Kecepatan *Belt* = 100 fpm

Power = 3 hp

Harga Satuan : $6.595,07

Jumlah : 1 buah

12. Belt Conveyor (BC-103)

Tugas : Mengangkut produk SLS sebanyak 2.525,2525 kg/jam dari *spray dryer* (SD-101) menuju Silo SLS (TK-103).

Jenis Alat : *Centrifugal Discharge*

Kondisi Operasi : P = 1 atm

T = 30^{o}C

Spesifikasi :

Panjang *conveyor* = 13,9442 m

Lebar *belt* = 14 in

Kecepatan *Belt* = 100 fpm

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Power = 0,5 hp

Harga Satuan : $1.221,31

Jumlah : 1 buah

13. Screw Conveyor (SC-101)

Tugas : Menangkut padatan sodium hidroksida (NaOH dengan pengotor Na_2CO_3) sebanyak 2.096,8485 kg/jam dari Silo NaOH (TK-101) menuju Solution Mixer (V-101)

Jenis Alat : *Screw Conveyor with Bronze Bearing*

Kondisi Operasi : P = 1 atm

T = 30^oC

Spesifikasi :

Panjang *conveyor* = 30 m

Diameter *conveyor* = 9 in

Kecepatan *conveyor* = 32 rpm

Power = 2 hp

Harga Satuan : $10.625,39

Jumlah : 1 buah

14. Screw Conveyor (SC-102)

Tugas : Mengangkut padatan sodium bisulfit ($NaHSO_3$ dengan pengotor Na_2SO_4) sebanyak 3.444,4502 kg/jam dari Silo $NaHSO_3$ (TK-102) menuju Solution Mixer (V-104)

Jenis Alat : *Screw Conveyor with Bronze Bearing*

Kondisi Operasi : P = 1 atm

T = 30^oC

Spesifikasi :

Panjang *conveyor* = 30 m

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Diameter *conveyor* = 6 in

Kecepatan *conveyor* = 1 rpm

Power = 2 hp

Harga Satuan : $15.144,23

Jumlah : 1 buah

15. Pre-Heater Reaktor Delignidikasi (E-101)

Tugas : Memanaskan campuran tandan kosong kelapa sawit dan *cooking liquor* sebanyak 199.972,2453 kg/jam sebelum masuk ke dalam reaktor delignifikasi (R-101).

Jenis Alat : *Shell and Tube* 1-1 *Heat Exchanger*

Harga Alat : $333,905.83

Jumlah : 1 buah

Layout Heat Exchanger			
Shell Side		***Tube Side***	
ID	31 in	L	24 ft
Baffle Space	9,3 in	Nt	472 tube
Passes	1	OD	1 in
		BWG	18
		ID	0,902
		Pitch	1 ¼ in triangular pitch
		Passes	1

Hot Fluid Tube Side		***Cold Fluid Shell Side***
34070,1362	Massa, kg/jam	199972,2453
230	$T_{in,}$ ^oC	30
230	T_{out},^oC	170
27,63	Tekanan, atm	11
Thermal Design		
Q	22328389,9811 kJ/jam	

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LMTD	88,3960 ^oF
A	798,0465 ft^2
U_C	431,1082 Btu/jam/ft^2/^oF
U_D	287,2154 Btu/jam/ft^2/^oF
Rd *calculated*	0,0012 jam.ft^2 .^oF/Btu
Rd *required*	0,0010 jam.ft^2 .^oF/Btu
ΔP *calculated*	1,1289 psi
ΔP *allowed*	10 psi

16. Pre-Heater Larutan Bisulfit (E-102)

Tugas : Memanaskan larutan bisulfit sebanyak 111310,9411 kg/jam ke suhu reaksi 97^{o}C sebelum masuk ke dalam reaktor sulfonasi (R-102).

Jenis Alat : *Shell and Tube* 1-1 *Heat Exchanger*

Harga Alat : $184,539.76

Jumlah : 1 buah

Layout Heat Exchanger			
Shell Side		***Tube Side***	
ID	21,25 in	L	26 ft
Baffle Space	6,375 in	Nt	199 tube
Passes	1	OD	1 in
		BWG	12
		ID	0,782
		Pitch	1 ¼ in triangular pitch
		Passes	1

Hot Fluid Tube Side		***Cold Fluid Shell Side***
8251,9016	Massa, kg/jam	111310,9411
120	$T_{in,}$ ^oC	30
120	T_{out},^oC	97
1,96	Tekanan, atm	1
Thermal Design		
Q	95461100,9567 kJ/jam	
LMTD	213,8030 ^oF	
A	2821,2780 ft^2	

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

U_C	725,4004 Btu/jam/ft^2/^{o}F
U_D	142,6971 Btu/jam/ft^2/^{o}F
Rd *calculated*	0,0056 jam.ft^2 .^{o}F/Btu
Rd *required*	0,0010 jam.ft^2 .^{o}F/Btu
ΔP *calculated*	1,6244 psi
ΔP *allowed*	10 psi

17. Cooler Larutan SLS (E-103)

Tugas : Memdinginkan larutan SLS sebanyak 113303,5510 kg/jam ke suhu 78,32^{o}C sebelum masuk ke dalam *mixer* metanol (V-105).

Jenis Alat : *Shell and Tube* 1-1 *Heat Exchanger*

Harga Alat : $101,246.50

Jumlah : 1 buah

Layout Heat Exchanger			
Shell Side		***Tube Side***	
ID	12 in	L	16 ft
Baffle Space	4,575 in	Nt	55 tube
Passes	1	OD	1 in
		BWG	18
		ID	0,902
		Pitch	1 ¼ in triangular pitch
		Passes	1

Hot Fluid Tube Side		***Cold Fluid Shell Side***
113303,5510	Massa, kg/jam	78576,3778
97	$T_{in,}$ ^{o}C	30
78,32	T_{out},^{o}C	40
1	Tekanan, atm	1
Thermal Design		
Q	7639293,5423 kJ/jam	
LMTD	94,5730 ^{o}F	
A	218,7472 ft^2	

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

U_C	590,9776 Btu/jam/ft^2/^{o}F
U_D	332,3221 Btu/jam/ft^2/^{o}F
Rd *calculated*	0,0013 jam.ft^2 .^{o}F/Btu
Rd *required*	0,0010 jam.ft^2 .^{o}F/Btu
ΔP *calculated*	1,6244 psi
ΔP *allowed*	10 psi

18. Pre-Heater Larutan SLS (E-104)

Tugas : Memanaskan larutan SLS sebanyak 173265,9419 kg/jam ke suhu 87,0171^{o}C sebelum masuk ke dalam *evaporator* (EVA-101).

Jenis Alat : *Shell and Tube* 1-1 *Heat Exchanger*

Harga Alat : $123,352.19

Jumlah : 1 buah

Layout Heat Exchanger			
Shell Side		***Tube Side***	
ID	17,25 in	L	12 ft
Baffle Space	5,175 in	Nt	112 tube
Passes	1	OD	1 in
		BWG	8
		ID	0,67
		Pitch	1 ¼ in square pitch
		Passes	1

Hot Fluid Tube Side		***Cold Fluid Shell Side***
1946,8504	Massa, kg/jam	173265,9419
120	$T_{in,}$ ^{o}C	30
120	T_{out},^{o}C	40
1,96	Tekanan, atm	1
Thermal Design		
Q	5267880,7971 kJ/jam	
LMTD	68,3289 ^{o}F	
A	365,3645 ft^2	
U_C	676,4098 Btu/jam/ft^2/^{o}F	
U_D	207,6770 Btu/jam/ft^2/^{o}F	

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Rd *calculated*	0,0033 jam.ft^2 .^{o}F/Btu
Rd *required*	0,0030 jam.ft^2 .^{o}F/Btu
ΔP *calculated*	0,9294 psi
ΔP *allowed*	10 psi

19. Pompa 1 (P-101)

Tugas : Memompa air sebanyak 63.075,1192 kg/jam dari tangki penyimpanan TK-104 menuju Mixer (V-101)

Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *mixed flow impeller*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 30^{o}C

Keluar : P_2 = 1,3 atm; T_2 = 30^{o}C

Spesifikasi Pipa :

Bahan = *Carbon Steel*

NPS = 6 in

Spesifikasi Pompa :

Total *head* = 3.3163 m

Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz

Putaran spesifik = 4.918 rpm

Daya motor = 3 hp

Harga Satuan : $15.266,36

Jumlah : 1 buah

20. Pompa 2 (P-102)

Tugas : Memompa etanol sebanyak 122.417,6085 kg/jam dari tangki penyimpanan TK-105 menuju Mixer (V-101)

Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *mixed flow impeller*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 30^{o}C

Keluar : P_2 = 1,3 atm; T_2 = 30^{o}C

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Spesifikasi Pipa :
Bahan = *Carbon steel*
NPS = 6 in
Spesifikasi Pompa :
Total *head* = 7,9233 m
Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz
Putaran spesifik = 6.664 rpm
Daya motor = 9 hp
Harga Satuan : $15.266,36
Jumlah : 1 buah

21. Pompa 3 (P-103)

Tugas : Memompa *cooking liquor* (Larutan NaOH+Etanol) sebanyak 181855,4745 kg/jam dari Mixer (V-101) menuju Mixer (V-102)
Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *mixed flow impeller*
Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 30^{o}C
Keluar : P_2 = 1,2 atm; T_2 = 30^{o}C
Spesifikasi Pipa :
Bahan = *Stainless steel*
NPS = 8 in
Spesifikasi Pompa :
Total *head* = 6,0285 m
Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz
Putaran spesifik = 9.673 rpm
Daya motor = 7,5 hp
Harga Satuan : $23.693,39
Jumlah : 1 buah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

22. Pompa 4 (P-104)

Tugas : Memompa campuran *cooking liquor* (Larutan NaOH+Etanol) dan TKKS sebanyak 199.972,2453 kg/jam dari Mixer (V-102) menuju Reaktor Delignifikasi (R-101)

Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *process pumps impeller*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 30^{o}C

Keluar : P_2 = 11 atm; T_2 = 30^{o}C

Spesifikasi Pipa :

Bahan = *Stainless steel*

NPS = 8

Spesifikasi Pompa :

Total *head* = 120,2522 m

Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz

Putaran spesifik = 1.096 rpm

Daya motor = 162 hp

Harga Satuan : $23.693,39

Jumlah : 2 buah

23. Pompa 5 (P-105)

Tugas : Memompa hasil filtrat RDVF-101 sebanyak 149.495,2996 kg/jam menuju *Precipitation Mixer* (V-102)

Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *axial flow impeller*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 93,0432^{o}C

Keluar : P_2 = 1,4 atm; T_2 = 93,0432^{o}C

Spesifikasi Pipa :

Bahan = *Stainless Steel*

NPS = 8 in

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Spesifikasi Pompa :
- Total *head* = 3,1382 m
- Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz
- Putaran spesifik = 10.555 rpm
- Daya motor = 2 HP

Harga Satuan : $23.693,39

Jumlah : 2 buah

24. Pompa 6 (P-106)

Tugas : Memompa larutan H_2SO_4 37% sebanyak 5.059,7488 kg/jam menuju *Precipitation Mixer* (V-103)

Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *feed pumps impeller*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 25^oC

Keluar : P_2 = 1,2 atm; T_2 = 25^oC

Spesifikasi Pipa :
- Bahan = *Stainless steel*
- NPS = 1 in

Spesifikasi Pompa :
- Total *head* = 27,2719 m
- Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz
- Putaran spesifik = 432 rpm
- Daya motor = 2 hp

Harga Satuan : $6.635,81

Jumlah : 1 buah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

25. Pompa 7 (P-107)

Tugas : Memompa air dari tangki penyimpanan sebanyak 107.866,4908 kg/jam menuju Mixer (V-104)

Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *mixed flow impeller*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 30^{o}C

Keluar : P_2 = 1,2 atm; T_2 = 30^{o}C

Spesifikasi Pipa :

Bahan = *Carbon steel*

NPS = 6

Spesifikasi Pompa :

Total *head* = 8,5880

Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz

Putaran spesifik = 5.377 rpm

Daya motor = 7,5 hp

Harga Satuan : $15.266,36

Jumlah : 1 buah

26. Pompa 8 (P-108)

Tugas : Memompa larutan natrium bisulfit ($NaHSO_3$) sebanyak 111.310,9411 kg/jam dari Mixer (V-104) menuju reaktor sulfonasi (R-102)

Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *mixed flow impeller*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 30^{o}C

Keluar : P_2 = 1,2 atm; T_2 = 30^{o}C

Spesifikasi Pipa :

Bahan = *Carbon steel*

NPS = 6 in

Spesifikasi Pompa :

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Total *head* = 5,4350 m
Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz
Putaran spesifik = 7,661 rpm
Daya motor = 5 hp

Harga Satuan : $15.266,36

Jumlah : 1 buah

27. Pompa 9 (P-109)

Tugas : Memompa filtrat hasil *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-103) sebanyak 113.303,5510 kg/jam menuju *Methanol Mixer* (V-105)

Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *mixed flow impeller*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 97^{o}C

Keluar : P_2 = 1,2 atm; T_2 = 97^{o}C

Spesifikasi Pipa :

Bahan = *Stainless steel*
NPS = 4 in

Spesifikasi Pompa :

Total *head* = 5,5536 m
Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz
Putaran spesifik = 5.594,31 rpm
Daya motor = 3 hp

Harga Satuan : $15,022.10

Jumlah : 2 buah

28. Pompa 10 (P-110)

Tugas : Memompa larutan metanol dari tangki penyimpanan sebanyak 63.278,1148 kg/jam menuju metanol mixer (V-105)

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *mixed flow impeller*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 30^{o}C

Keluar : P_2 = 1,2 atm; T_2 = 30^{o}C

Spesifikasi Pipa :

Bahan = *Stainless steel*

NPS = 6

Spesifikasi Pompa :

Total *head* = 6,6133

Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz

Putaran spesifik = 5.686 rpm

Daya motor = 3 hp

Harga Satuan : $15.266,36

Jumlah : 1 buah

29. Pompa 11 (P-111)

Tugas : Memompa cairan filtrat (RDVF-104) sebanyak 173.265,9419 kg/jam menuju *heat exchanger* (E-104)

Jenis Alat : Pompa sentrifugal, *mixed flow impeller*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 80,4928^{o}C

Keluar : P_2 = 1 atm; T_2 = 80,4928^{o}C

Spesifikasi Pipa :

Bahan = *Stainless steel*

NPS = 6 in.

Spesifikasi Pompa :

Total *head* = 3,5257 m

Motor = 220 V-AC, 3 fase, 50 Hz

Putaran spesifik = 10,191.22 rpm

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Daya motor = 3 hp

Harga Satuan : $19.633,07

Jumlah : 2 buah

30. Pompa 12 (P-112)

Tugas : Memompa cairan pekat hasil evaporator sebanyak 5.964,1640 kg/jam menuju *Spray dryer* (SD-101) sehingga dapat diproses menjadi *powder*

Jenis Alat : *Positive discharge pump*

Kondisi Operasi : Masuk : P_1 = 1 atm; T_1 = 176,89^oC

Keluar : P_2 = 18 atm; T_2 = 176,89^oC

Harga Satuan : $51,172.84

Jumlah : 1 buah

31. Reaktor Delignifikasi (R-101)

Tugas : Mereaksikan lignin sebanyak 3463,9266 kg/jam dengan senyawa NaOH berlebih sebanyak 2012,9745 kg/jam sehingga lignin dapat terisolasi dan diperoleh senyawa Na-Ligninat. *Yield* dari reaksi ini sebesar 14,1%

Jenis Alat : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (isothermal)

Kondisi Operasi : P = **11** atm; T = 170^oC

Dimensi reaktor :

Diameter (OD) = 108 in

Tinggi *shell* = 162 in

Tebal *Shell* = 1,25 in

Tinggi *head* = 30,625 in

Jenis *head* = *elliptical flanged and dished head*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Spesifikasi Pengaduk :
- Jenis = *flat blade turbine impeller*
- Diameter *impeller* = 35,2 in
- Lebar *impeller* = 7,03 in
- Putaran Pengaduk = 85 rpm
- Jumlah Pengaduk = 1 buah
- Motor = 3 hp

Harga Satuan : $2,005,022.66

Jumlah : 1 buah

32. Reaktor Sulfonasi (R-102)

Tugas : Mereaksikan lignin sebanyak 2499,2136 kg/jam dengan senyawa $NaHSO_3$ berlebih sebanyak 3375,5612 kg/jam sehingga dihasilkan SLS sebanyak 2311,7226 kg/jam. *Yield* dari reaksi ini sebesar 92,5%

Jenis Alat : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (isothermal)

Kondisi Operasi : P = 1 atm; T = 97^oC

Dimensi reaktor :
- Diameter (OD) = 132 in
- Tinggi *shell* = 198 in
- Tebal *Shell* = 0,4375 in
- Tinggi *head* = 22,43 in
- Jenis *head* = *torispherical head*

Spesifikasi Pengaduk :
- Jenis = *flat blade turbine impeller*
- Diameter *impeller* = 43,7083 in.
- Lebar *impeller* = 8,7417 in.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Putaran Pengaduk = 73 rpm
Jumlah Pengaduk = 2 buah
Motor = 7,5 hp
Harga Satuan : $1,165,861.38
Jumlah : 1 buah

33. Solution Mixer 1 (V-101)

Tugas : Mencampurkan Natrium Hidroksida (NaOH) sebanyak 2096,8485 kg/jam dengan air (H_2O) sebanyak 57.341,0175 kg/jam dan etanol (C_2H_5OH) sebanyak 122.417,6085 kg/jam

Jenis Alat : Tangki silinder vertikal dengan *torispherical head*
Kondisi Operasi : P = 1 atm; T = 30^oC

Spesifikasi *shell* :
Tebal *shell* = 0,3125 in
Tinggi *Shell* = 5,1206 m
Diameter = 4,2672 m
Spesifikasi *head* :
Tebal *head* = 0,5 in
Tinggi *head* = 0,8896 m
Spesifikasi Pengaduk :
Jenis = *flat blade turbine impeller*
Diameter *impeller* (Di) = 55,6667 in
Lebar *impeller* (L) = 11,1333 in
Putaran Pengaduk = 56 rpm
Jumlah Pengaduk = 2 buah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Motor	= 7,5 hp
Bahan konstruksi	: *Stainless steel*
Harga Satuan	: $12,579.48
Jumlah	: 1 buah

34. *Pre-Reactor* Mixer (V-102)

Tugas	: Mencampurkan *Cooking Liquor* dari V-101 sebanyak 181.855,4745 kg/jam dengan TKKS sebanyak 18.116,7708 kg/jam sebelum dialirkan ke Reaktor Delignifikasi (R-101)
Jenis Alat	: Tangki silinder vertikal dengan *torispherical head*
Kondisi Operasi	: P = 1 atm; T = 30^{o}C
Spesifikasi *shell*	:
Tebal *shell*	= 0,3125 in
Tinggi *Shell*	= 5,1206 m
Diameter	= 4,2672 m
Spesifikasi *head*	:
Tebal *head*	= 0,5 in
Tinggi *head*	= 0,8896 m
Spesifikasi Pengaduk	:
Jenis	= *flat blade turbine impeller*
Diameter *impeller* (Di)	= 55,6667 in
Lebar *impeller* (L)	= 11,1333 in
Putaran Pengaduk	= 56 rpm
Jumlah Pengaduk	= 2 buah
Motor	= 7,5 hp

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

Harga Satuan : $12,579.48

Jumlah : 1 buah

35. *Precipitation Mixer* (V-103)

Tugas : Mencampurkan larutan H_2SO_4 sebanyak 5.059,7488 kg/jam dengan filtrat I
149.945,2996 kg/jam untuk mengendapkan lignin sebelum dialirkan ke RD

Jenis Alat : Tangki silinder vertikal dengan *torispherical head*

Kondisi Operasi : P = 1 atm; T = 93,04^oC

Spesifikasi *shell* :

Tebal *shell* = 0,4375 in

Tinggi *Shell* = 5,4864 m

Diameter = 4,5720 m

Spesifikasi *head* :

Tebal *head* = 0,625 in

Tinggi *head* = 0,8835 m

Spesifikasi Pengaduk :

Jenis = *flat blade turbine impeller*

Diameter *impeller* (Di) = 59,5833 in

Lebar *impeller* (L) = 11,9167 in

Putaran Pengaduk = 52 rpm

Jumlah Pengaduk = 2 buah

Motor = 8 hp

Bahan konstruksi : *Stainless steel* 336 *type* 316

Harga Satuan : $13,068.00

Jumlah : 1 buah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

36. *Solution Mixer* (V-104)

Tugas	:	Mencampurkan $NaHSO_3$ (dengan pengotor berupa Na2SO4) sebanyak 3.444,4502 kg/jam dengan air sebanyak 107.866,4908 kg/jam sebelum dialirkan ke Reaktor Sulfonasi (R-102)
Jenis Alat	:	Tangki silinder vertikal dengan *torispherical head*
Kondisi Operasi	:	P = 1 atm; T = 30^{o}C
Spesifikasi *shell*	:	
Tebal *shell*	=	0,625 in
Tinggi *Shell*	=	4,0234 m
Diameter	=	3,3528 m
Spesifikasi *head*	:	
Tebal *head*	=	0,625 in
Tinggi *head*	=	0,6466 m
Spesifikasi Pengaduk	:	
Jenis	=	*flat blade turbine impeller*
Diameter *impeller* (Di)	=	43,5833 in
Lebar *impeller* (L)	=	8,7167 in
Putaran Pengaduk	=	73 rpm
Jumlah Pengaduk	=	2 buah
Motor	=	7,5 hp
Bahan konstruksi	:	*Carbon steel* SA-53 Grade A
Harga Satuan	:	$12,579.48
Jumlah	:	1 buah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

37. *Methanol Mixer* (V-105)

Tugas	:	Mencampurkan larutan metanol (CH_3OH) sebanyak 63.278,1148 kg/jam dengan filtrat RDFV-103 sebanyak 113.303,5510 kg/jam untuk mengendapkan $NaHSO_3$ yang tidak bereaksi pada reaktor sulfonasi (R-102)
Jenis Alat	:	Tangki silinder vertikal dengan *torispherical head*
Kondisi Operasi	:	P = 1 atm; T = 80,49^oC
Spesifikasi *shell*	:	
Tebal *shell*	=	0,375 in
Tinggi *Shell*	=	5,1206 m
Diameter	=	4,2672 m
Spesifikasi *head*	:	
Tebal *head*	=	0,625 in
Tinggi *head*	=	35,0672 m
Spesifikasi Pengaduk	:	
Jenis	=	*flat blade turbine impeller*
Diameter *impeller* (Di)	=	55,5833 in
Lebar *impeller* (L)	=	11,1167 in
Putaran Pengaduk	=	56 rpm
Jumlah Pengaduk	=	2 buah
Motor	=	7,5 hp
Bahan konstruksi	:	*Stainless steel* 336 *type* 316
Harga Satuan	:	$12,579.48
Jumlah	:	1 buah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

38. Rotary Drum Vacuum Filter 1 (RDVF-101)

Tugas : Memisahkan padatan dari *slurry* keluar FT-101 sebanyak 166.020,0592 kg/jam menjadi *cake* sebanyak 16.524,7596 kg/jam dan filltrat sebanyak 149.495,2996 kg/jam

Kondisi Operasi :

Tekanan luar = 1 atm

Tekanan drum = 0,4345 atm

Suhu = 93,04^{o}C

Tebal *cake* : 3,5 in

Waktu rotasi : 1 rpm

Luas filter : 912 ft^2

Panjang : 24 ft

Diameter : 12 ft

Laju udara vakum : 46,83 m^3/s

Daya *blower* : 6568,56 hp

Harga Satuan : $ 4,253,207.90

Jumlah : 2 buah

39. Rotary Drum Vacuum Filter 2 (RDVF-102)

Tugas : Memisahkan padatan dari *slurry* keluar V-103 sebanyak 154.555,0484 kg/jam menjadi *cake* sebanyak 3.124,0170 kg/jam dan filltrat sebanyak 151.431,0315 kg/jam

Kondisi Operasi :

Tekanan luar = 1 atm

Tekanan drum = 0,4345 atm

Suhu = 101,57^{o}C

Tebal *cake* : 3,5 in

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Waktu rotasi	: 1,15 rpm
Luas filter	: 684 ft^2
Panjang	: 18 ft
Diameter	: 12 ft
Laju udara vakum	: 26,48 m^3/s
Daya *blower*	: 3800,42 hp
Harga Satuan	: $3,420,885.95
Jumlah	: 1 buah

40. Rotary Drum Vacuum Filter 3 (RDVF-103)

Tugas	: Memisahkan padatan dari *slurry* keluar R-102 sebanyak 114.434,9580 kg/jam menjadi *cake* sebanyak 1.131,4070 kg/jam dan filltrat sebanyak 113.303,5510 kg/jam
Kondisi Operasi	:
Tekanan luar	= 1 atm
Tekanan drum	= 0,6016 atm
Suhu	= 97^oC
Tebal *cake*	: 2 in
Waktu rotasi	: 1,5 rpm
Luas filter	: 496 ft^2
Panjang	: 16 ft
Diameter	: 10 ft
Laju udara vakum	: 14,60 m^3/s
Daya *blower*	: 1203 hp
Harga Satuan	: $2,682,116.26
Jumlah	: 1 buah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

41. Rotary Drum Vacuum Filter 4 (RDVF-104)

Tugas	:	Memisahkan padatan dari *slurry* keluar V-105 sebanyak 176.581,6657 kg/jam menjadi *cake* sebanyak 3.315,7238 kg/jam dan filtrat sebanyak 173.265,9419 kg/jam
Kondisi Operasi	:	
Tekanan luar		= 1 atm
Tekanan drum		= 0,6684 atm
Suhu		= 80,49^{o}C
Tebal *cake*	:	3 in
Waktu rotasi	:	1,5 rpm
Luas filter	:	400 ft^2
Panjang	:	16 ft
Diameter	:	8 ft
Laju udara vakum	:	17,92 m^3/s
Daya *blower*	:	1101,2 hp
Harga Satuan	:	$2,279,084.35
Jumlah	:	1 buah

42. Evaporator (EVA-101)

Tugas	:	Memekatkan larutan SLS sebanyak 173265,9419 kg/jam menjadi larutan dengan kadar air 60% sebelum masuk ke dalam *spray dryer* (SD-101).
Jenis Alat	:	*Falling Film Evaporator with 6 effect backwardfeed*
Jumlah	:	6 *effect*
Kondisi Operasi	:	T *input* fluida dingin = 87,0193^{o}C = 188,6347^{o}F
		T *output* fluida dingin = 264,2232^{o}C = 507,6018 ^{o}F
		T *input* fluida panas = 300,0000^{o}C = 572,0000^{o}F
		T *output* fluida panas = 87,0193^{o}C = 188,6347^{o}

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Effect	***Boiling point,*** ^oF	**U, BTU/(jam ft^2** ^oF**)**	**A, ft^2**	**Harga Satuan**
6	189,0400	546,1576	4856,0422	$ 534,566.86
5	215,9832	600,0000	4900,8868	$ 537,009.48
4	240,7148	579,9238	4939,0735	$ 540,673.41
3	266,5917	490,6828	4969,7239	$ 541,161.93
2	297,8628	319,8428	5016,2543	$ 545,314.38
1/Produk	359,2054	67,8599	5068,7440	$ 548,856.17

43. *Spray Dryer* (SD-101)

Tugas : Membentuk *powder* dari *slurry* sebanyak 5.964,1643 kg/jam dengan total hasil bawah (produk SLS) sebesar 2.525,2525 kg/jam dengan cara mengontakkan *slurry* dengan udara panas secara *cocurrent*

Jenis : *Co-current standard chamber, single point discharge with nozzle atomizer*

Kondisi Operasi : 1 atm, 81,39 – 176,89^{o}C

Bahan Konstruksi : *Stainless steel* SA-167

Volume : 345,8183 m^3

Dimensi :

- Diameter (OD) : 4,6825 m
- Tinggi *shell* : 14,6749 m
- Tebal *shell* : 0,625 in
- Jenis *isolator* : *fiberglass*
- Tebal *isolator* : 20,14 mm

Harga Satuan : $1,296,105.29

Jumlah : 1 buah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB VIII
UTILITAS

Pada pabrik sodium lignosulfonat dari tandan kosong kelapa sawit dengan kapasitas 20.000 ton/tahun, akan dibangun unit utilitas yang berfungsi untuk menyediakan bahan pendukung untuk memenuhi dan memastikan pabrik dapat berjalan dengan baik. Unit utilitas terbagi menjadi beberapa unit sebagai berikut:

1. Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
3. Unit Penyedia Udara (*Instrument Air System*)
4. Unit Pengolah Limbah (*Waste Treatment*)
5. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Tenaga Listrik (*Power Plant and Distribution System*)

8.1. Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

8.1.1. Kebutuhan Air

Kebutuhan air untuk pabrik Sodium Lignosulfonat terdiri atas beberapa bagian sebagai berikut.

8.1.1.1. Air Kebutuhan Umum

Air kebutuhan umum merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan sanitasi seperti perkantoran, perumahan, pertamanan, dan laboratorium. Pada perhitungan kali ini, digunakan asumsi jumlah karyawan sebanyak 300 orang dengan perumahan (*townsite*) yang ditempati oleh 100 KK.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 32. Hasil Perhitungan Air Kebutuhan Umum

Kebutuhan Air	***Flowrate*, kg/jam**
Perkantoran (100 L/orang/hari)	1.278,5941
Perumahan (1.500 L/KK/hari)	6.392,9704
Pertamanan (20% perumahan)	1.278,5941
Laboratorium	1.022,8753
Total	**9.973,0339**
***Overdesign* 20%**	**11.967,6406**

Perhitungan *overdesign* dilakukan untuk aspek keamanan dalam perancangan, sehingga dibutuhkan air untuk kebutuhan umum sebesar 11.967,6406 kg/jam.

8.1.1.2. Air *Hydrant*

Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan aspek *safety* dalam pengoperasian pabrik adalah penyediaan *hydrant water* untuk pemadaman api apabila terjadi kasus kebakaran pada pabrik. *Hydrant water* atau air pemadam kebakaran ini hanya digunakan ketika terjadi insiden kebakaran (situasional) sehingga tidak bersifat kontinu. Kebutuhan dari air pemadam ini diperkirakan sebesar 10% dari kebutuhan umum. Sehingga diperoleh kebutuhan air pemadam kebakaran sebesar 997,3034 kg/jam.

8.1.1.3. Air Pendingin

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai fluida pendingin pada alat *heat exchanger (cooler/condenser*). Pada pabrik Sodium Lignosulfonat, fluida pendingin dibutuhkan pada *cooler* HE-03 sebesar 18.248,9821 kg/jam. Dengan memperhatikan aspek keamanan perancangan, maka dilakukan *overdesign* sebesar 20% sehingga diperoleh kebutuhan air sebagai fluida pendingin sebesar 21.898,7785 kg/jam.

Air yang telah digunakan pada unit *heat exchanger* kemudian digunakan kembali dengan melewati proses pendinginan pada *cooling tower*. Pada proses pendinginan,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

terjadi pengurangan jumlah air karena adanya penguapan, air yang terbawa udara, serta *blowdown* yang dilakukan untuk mencegah *fouling*. Sehingga diperlukan *makeup cooling water* atau penambahan air secara kontinu sebesar 771,9319 kg/jam.

8.1.1.4. Air untuk Pembangkit *Steam*

Pada pabrik ini, *steam* akan dibangkitkan dengan mengolah air menjadi *demineralized water* dengan spesifikasi *boiler feed water* sebelum diumpankan ke *boiler* untuk menghasilkan *steam. Steam* yang dihasilkan akan dimanfaatkan sebagai media pemanas pada *heat exchanger*, jaket pemanas reaktor, serta evaporator. Kebutuhan air umpan *boiler* ditunjukkan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 33. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Steam* untuk unit Pembangkit *Steam*

Alat	***Flowrate*, kg/jam**	**Keterangan**
R-01	230,3037	
R-02	13.655,7149	
HE-01	34.070,1362	
HE-02	8.251,9016	
HE-04	1.946,8504	
Evaporator	13.259,1070	
Total	13.730.1674	
Overdesign	**71.885.0742**	20%
Blowdown	86.262.0890	5%
Steam Loss	3.594.2537	2%
Makeup Water	1.437.7015	10%
Total Air *Supply*	7.188.5074	

8.1.1.5. Air Kebutuhan Proses

Pada pabrik ini, air juga dibutuhkan untuk kebutuhan proses yaitu untuk kebutuhan pembuatan *cooking liquor* pada *solution mixer* 1 (V-101) serta untuk kebutuhan pelarutan natrium bisulfit pada *solution mixer* 2 (V-104). Kebutuhan air untuk proses ditunjukkan pada tabel sebagai berikut.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 34. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air untuk Proses

Alat	*Flowrate*, kg/jam	Keterangan
Air untuk Solution Mixer 1	57341.0175	untuk Etanol+Air+NaOH
Air untuk Solution Mixer 2	107866.4908	untuk Air+NaHSO3
Total	**165207.5083**	
Overdesign 20%	**198249.0100**	

8.1.2. Sumber Air

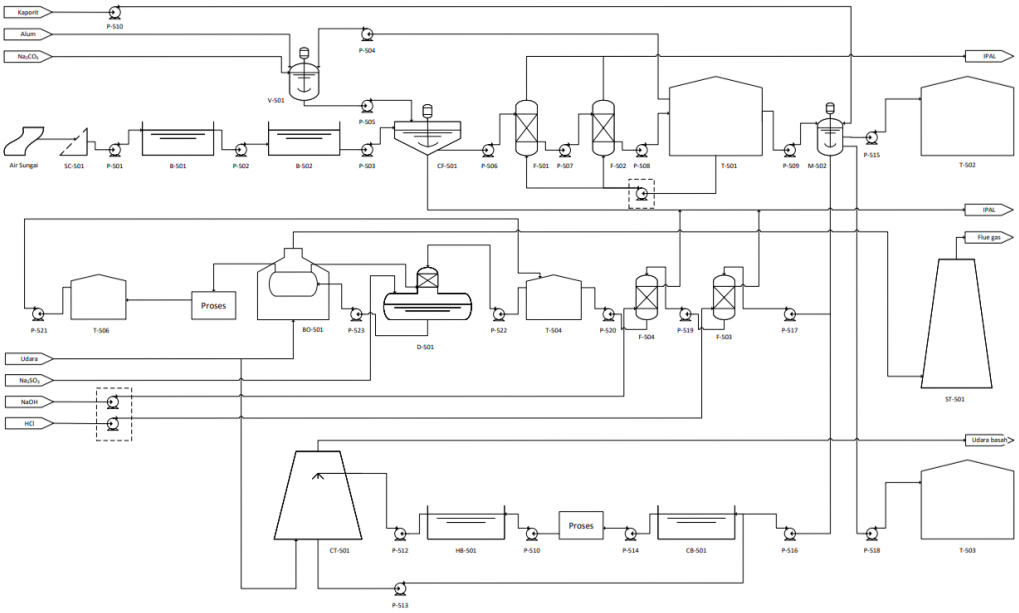
Pabrik Sodium Lignosulfonat direncanakan berdiri di wilayah Kawasan Industri Tenayan, Riau. Air baku diperoleh dari air sungai Siak dengan spesifikasi air sungai sebagai berikut.

Tabel 35. Spesifikasi Air Sungai Siak (Anita, 2020)[1]; (Murtaja, 2017)[2]

Parameter	Satuan	Nilai
Suhu[1]	^oC	28,5 – 29,0
Total Suspended Solid (TSS) [1]	mg/L	7 – 28,3
Total Dissolved Solid (TDS)[2]	mg/L	20 – 100
pH[1]		5,7 – 6,1
Biological Oxygen Demand (BOD_5) [1]	mg/L	19,5 – 20,3
Chemical Oxygen Demand (COD)[3]	mg/L	16,0 – 54,4
Dissolved Oxygen[1]	mg/L	1,0 – 1,40
Nitrat[3]	mg/L	0,2343 – 0,2771
Fosfat (P) [3]	mg/L	1,3932 – 1,5170
Kekeruhan[1]	NTU	40,1 – 48,6
Kecerahan[1]	cm	35,5 – 46,2
Kecepatan arus[1]	m/s	0,3 – 0,45

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8.1.3. Pengolahan Air



Gambar 6. *Process Flow Diagram* Pengolahan Air

Sebelum air dapat digunakan untuk kebutuhan utilitas, pemukiman, maupun pabrik, air sungai perlu melalui serangkaian proses pengolahan terlebih dahulu sehingga diperoleh air sungai yang layak digunakan sesuai dengan spesifikasi kebutuhannya masing-masing, Tahap-tahap pengolahan air sungai adalah sebagai berikut:

8.1.3.1. *Screening*

Air sungai yang diambil dari sungai Siak pertama kali diolah dengan melalui proses *screening* menggunakan *screener*. Proses *screening* berfungsi untuk menyaring air dari padatan-padatan yang berukuran relatif besar seperti sampah atau kerikil yang dapat menghambat pemipaan atau merusak alat apabila tidak disaring terlebih dahulu. Aliran air kemudian dialirkan pada kolam ekualisasi dan sedimentasi.

8.1.3.2. Ekualisasi dan Sedimentasi

Pada kolam ekualisasi, air ditampung untuk sementara sehingga debit air menuju alat-alat ataupun kolam berikutnya dapat lebih stabil dikarenakan pada air sungai ikut

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

mengendap sehingga tidak ikut terbawa aliran. Aliran air kemudian dipompakan ke kolam sedimentasi. Pada kolam sedimentasi, terjadi proses sedimentasi dimana kotoran air seperti lumpur, pasir, maupun partikel yang lolos terbawa dari *screener* mengendap karena adanya gaya gravitasi. Padatan yang memiliki kecepatan terminal lebih besar daripada kecepatan air akan mengendap, sedangkan padatan yang memiliki kecepatan terminal lebih kecil daripada kecepatan air akan terikut oleh aliran menuju alat proses berikutnya. Kecepatan terminal dari suatu padatan dipengaruhi oleh besar diameter yang dimiliki oleh suatu padatan. Semakin besar diameter padatan tersebut, maka semakin besar pula kecepatan terminal dari padatan tersebut

8.1.3.3. *Clarifying*

Proses pengolahan air kemudian dilanjutkan dengan proses *clarifying* yang dilakukan dengan menggunakan *clarifier*. Pada *clarifier*, terjadi proses pengendapan secara kimiawi dimana padatan-padatan yang tidak dapat terendapkan termasuk TSS (*total suspended solid*) maupun partikel koloid lainnya pada kolam sedimentasi ditambahkan senyawa kimia sehingga dapat mengendap dan dihasilkan air yang lebih jernih. Area pada *clarifier* dibagi menjadi tiga bagian, yaitu *mixing zone, flocculation area*, dan *settling zone*. Pada *mixing zone*, aliran air dicampurkan dengan senyawa kimia yang bersifat koagulan untuk padatan-padatan tersuspensi yang terdapat pada air sungai. Koagulan yang digunakan adalah aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) dengan konsentrasi 35 mg/L. Padatan-padatan tersebut akan bereaksi dan menggumpal membentuk flok flok. Pada *flocculation area*, flok-flok yang terbentuk membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga dapat tersedimentasi pada *settling zone*.

8.1.3.4. Filtrasi

Proses filtrasi dilakukan dengan dua tahap, yaitu dengan menggunakan *sand filter* dan *activated carbon filter*. *Sand filter* bertujuan untuk menghilangkan *total suspended solid* yang masih terdapat pada aliran air dan bekerja dengan cara melewatkan air pada *sand filter* sehingga air akan terfilter seiring dengan aliran air

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

tersebut. *Sand filter* ini pada umumnya terdiri atas tumpukan *anthracite coal*, pasir silika, garnet, dan *coarse gravel*. Semakin lama penggunaan dari *sand filter*, maka keefektifan dari filtrasi *sand filter* akan menurun karena semakin banyak TSS yang terperangkap pada pasir sehingga perlu dilakukan *backwash* secara berkala pada *sand filter*.

Air hasil filtrasi *sand filter* kemudian dialirkan pada *activated carbon filter* yang berfungsi untuk menjerap zat-zat organik serta menghilangkan bau dan warna yang tidak dapat disaring dengan *sand filter* sehingga dibutuhkan material berpori seperti *activated carbon*. Semakin lama penggunaan *activated carbon*, maka pori-pori dari *activated carbon* dapat jenuh oleh kotoran sehingga perlu dilakukan pencucian dan penggantian *activated carbon* secara berkala pula untuk menjamin keefektifan dan efisiensi dari proses filtrasi dapat terus terjaga,

8.1.3.5. Desinfeksi

Proses pengolahan air kemudian dilanjutkan dengan proses desinfeksi dengan menggunakan cairan desinfektan berupa kaporit ($CaOCl_2$). Proses desinfeksi bertujuan untuk menghilangkan mikroorganisme termasuk mikroba yang dapat menjadi racun bagi manusia serta mencegah tumbuhnya kembali bakteri dan lumut selama proses pendistribusian dan pengolahan air.

8.1.3.6. Demineralisasi

Proses demineralisasi merupakan proses penghilangan ion-ion yang terdapat pada air. Keberadaan ion-ion ini dapat membentuk *scale* maupun korosi pada *boiler* maupun alat-alat proses sehingga dapat mengurangi luas area perpindahan panas dan merusak alat. Proses demineralisasi dilakukan dengan dua tahap, yaitu penghilangan ion-ion positif dengan resin kation, serta penghilangan ion-ion negatif dengan resin anion. Berikut merupakan proses penghilangan kation dan anion pada air.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

i. *Cation Exchanger*

Cation exchanger berfungsi untuk menghilangkan ion-ion positif (kation) yang terdapat pada air dengan cara menukar kation yang terdapat pada air menjadi ion H^+. Kation yang terdapat pada air umumnya berupa Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, $Al3^+$, dan lain sebagainya. Reaksi pertukaran kation pada resin adalah sebagai berikut.

$$RH + Na^+ \rightarrow RNa + H^+$$

$$2RH + Mg^{2+} \rightarrow R_2Mg + 2H^+$$

$$2RH + Ca^{2+} \rightarrow R_2Ca + 2H^+$$

Proses penukaran ion positif dengan ion H^+ menyebabkan kandungan air yang dihasilkan bersifat asam. Seiring dengan semakin banyak penggunaan resin, maka semakin jenuh pula resin dengan kontaminan ion sehingga perlu dilakukan regenerasi resin dengan menggunakan asam kuat seperti HCl secara *backwash*. Proses regenerasi dilakukan apabila konduktivitas air yang dihasilkan dari kolom resin >5 µs/cm.

ii. *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk menghilangkan ion-ion negatif (anion) yang terdapat pada air dengan cara menukar kation yang terdapat pada air menjadi ion OH- dari resin anion. Anion yang umumnya terdapat pada air adalah SiO^{2-}, $SO4^{2-}$, Cl^-, HCO^{3-}, NO^{3-}, dan lain sebagainya. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.

$$ROH + H^+ + SiO_2^- \rightarrow R - SiO_2 + H_2O$$

$$ROH + H^+ + Cl^- \rightarrow R - Cl + H_2O$$

$$2ROH + 2H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow R_2SO_4 + 2H_2O$$

Ion OH^- yang dihasilkan dari pertukaran ion dengan resin akan bereaksi dengan ion H^+ yang dihasilkan pada proses kation *exchanger* sehingga sifat air menjadi netral. Seiring dengan semakin banyak penggunaan resin, maka semakin jenuh pula resin dengan kontaminan ion sehingga perlu dilakukan regenerasi resin dengan menggunakan basa kuat seperti NaOH secara *backwash*. Proses regenerasi dilakukan apabila konduktivitas air yang dihasilkan dari kolom resin >5 µs/cm.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8.1.3.7. Deaerasi

Air demin yang dihasilkan pada proses demineralisasi merupakan air yang dimanfaatkan untuk pembangkitan steam dengan menggunakan *boiler*. Sebelum diolah pada *boiler*, air demin selanjutnya mengalami proses dearisasi pada deaerator untuk menghilangkan gas-gas terlarut seperti O_2 dan CO_2 yang dapat menimbulkan korosi pada alat-alat proses. Proses deaerasi dilakukan dengan dua tahap, yaitu dengan deaerasi fisis dan kimia. Pada deaerasi fisis, steam diumpankan pada deaerator sebagai *stripping agent*. Hal tersebut menyebabkan suhu dari air akan meningkat dan kelarutan gas dalam menurun sehingga gas akan terlepas dari air. Proses deaerasi kimia dilakukan dengan menambahkan *oxygen scavenger* berupa natrium sulfit (Na_2SO_3) yang akan bereaksi dengan oksigen membentuk natrium sulfat (Na_2SO_4) yang bersifat netral dan tidak korosif. Untuk menjaga pH *boiler feed water* pada pH 9,5-11,5 ditambahkan senyawa kimia berupa diethylaminethanol.

8.1.3.8. *Boiler*

Boiler merupakan alat yang digunakan untuk membangkitkan *steam* yang dibutuhkan untuk kebutuhan pabrik. Pada unit *boiler*, air dinaikkan tekanannya dengan pompa hingga mencapai tekanan yang diinginkan. Pada *furnace*, udara dan bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar di mana panas yang dihasilkan digunakan untuk menguapkan air yang terdapat pada pipa-pipa yang menyusun *furnace*. *Steam* dan air yang tersisa ditampung pada *steam drum*. Sebagian dari air yang terdapat pada *steam* drum akan dibuang sebagai *blowdown* untuk mengurangi *total suspended solid* dan *dissolved solid* yang terakumulasi pada *steam* drum. Akumulasi tersebut dapat menimbulkan *scaling* pada alat sehingga perlu dilakukan *blowdown* secara berkala.

8.1.3.9. *Cooling Tower*

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menurunkan suhu dari air pendingin yang telah digunakan pada *cooler* ataupun *condenser* sehingga air pendingin

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dapat digunakan dan disirkulasikan kembali. Penggunaan *cooling tower* ini dapat menghemat proses pengolahan air yang dibutuhkan apabila air pendingin yang telah digunakan langsung dibuang ke lingkungan. Terdapat dua jenis *cooling tower* yaitu natural *draft cooling tower* yang hanya bergantung pada aliran udara secara alami dan *mechanical draft cooling tower* yang menggunakan *fan* untuk membantu proses konveksi dan kontak dengan udara lebih baik. Pada pabrik ini, digunakan *mechanical draft cooling tower* sehingga proses pendinginan air tidak bergantung pada kondisi udara sekitar.

Proses pendinginan pada *cooling tower* adalah sebagai berikut: air pendingin yang telah digunakan pada proses dipompakan menuju *cooling tower* dan disemprotkan pada bagian atas *cooling tower* dan mengalir pada filler yang terdapat pada bagian tengah *cooling tower*. Pada *filler,* air mengalami kontak dengan udara yang di-supply oleh fan. Kontak tersebut menyebabkan sebagian air melepas panasnya dengan cara menguapkan air itu sendiri. Hilangnya panas karena proses penguapan tersebut menyebabkan suhu pada air turun sehingga dapat digunakan kembali pada *cooler* ataupun *condenser.*

8.1.4. Deskripsi Proses

Air baku yang diperoleh dari Sungai Kampar dialirkan menuju *screener* (SC-101) untuk mengalami proses *screening*. Air yang telah melalui *screener* kemudian dipompakan dengan pompa (P-501) menuju kolam ekualisasi untuk menstabilkan debit. Aliran air dari kolam ekualisasi kemudian dipompakan dengan pompa (P-502) menuju kolam sedimentasi untuk memisahkan sebagian TSS yang terdapat pada aliran air. Aliran air yang *overflow* kemudian dipompakan dengan pompa (P-503) menuju *clarifier* untuk dicampurkan dengan koagulan berupa aluminium sulfat dan mengalami proses koagulasi, flokulasi, dan *settling*. Larutan aluminium sulfat dibuat dengan mencampurkan alum, natrium karbonat, dan air dari *water filtered tank* pada *mixer* (V-501) sebelum dipompakan ke *clarifier* (CF-501) menggunakan pompa (P-505). *Slurry* yang dihasilkan pada *clarifier* (CF-501) akan diolah lebih lanjut pada IPAL. Sedangkan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

aliran *overflow* akan dipompakan menuju rangkaian filter berupa *sand filter* (F-501) dan *activated carbon filter* (F-502) untuk menyaring *suspended solid* dan bau yang masih terdapat pada air. Aliran *output* dari F-502 kemudian dipompakan menuju *filtered tank water* (T-501) sebelum dipompakan dengan menggunakan pompa (P-509) menuju *mixer* desinfektan (M-502). Pada *mixer* desinfektan, larutan kaporit yang dipompakan dengan pompa (P-510) dilarutkan pada air untuk menghilangkan mikroorganisme yang terdapat pada air. Aliran air kemudian dibagi menjadi beberapa aliran berdasarkan kepentingannya, yaitu aliran air proses dan *hydrant* yang dialirkan dengan pompa (P-515) menuju tangki air proses; aliran air *make-up* untuk *boiler feed water* yang dialirkan dengan pompa (P-517) menuju *cation exchanger*; aliran air *make-up cooling tower* yang dialirkan dengan pompa (P-516) menuju *cold basin* (CB-501), dan aliran air kebutuhan umum yang dialirkan dengan pompa (P-518) menuju tangki kebutuhan air umum.

Aliran air yang dibutuhkan untuk *make-up boiler feed water* pertama-tama diolah pada *cation exchanger* untuk menghilangkan ion-ion positif yang terdapat pada air. Air kemudian dialirkan dengan pompa (P-519) menuju *anion exchanger* untuk menghilangkan ion-ion negatif dalam air sehingga dihasilkan *demineralized water* (demin water) yang dipompakan dengan pompa (P-520) menuju tangki penyimpanan sementara (T-504). Pada tangki T-504, *make-up boiler feed water* bercampur dengan kondensat hasil kondensasi steam yang telah digunakan pada alat-alat proses. Kondensat dialirkan dari *condensate tank* (T-506) dengan pompa (P-521) menuju tangki sementara. *Boiler feed water* yang merupakan pencampuran *make-up water* dengan kondenst kemudian diproses pada deaerator (D-501) untuk menghilangkan kandungan gas terlarut dengan proses deaerasi fisis dan kimiawi sebelum diolah menjadi *steam* pada *boiler* (BO-501). *Steam* yang dihasilkan kemudian didistribusikan menuju alat-alat proses dan kondensat yang dihasilkan disimpan pada *condensate tank* (T-506).

Pada *cold basin* (CB-501), aliran *make-up cooling water* bercampur dengan air pendingin yang telah mengalami proses pendinginan pada *cooling tower* (CT-501). Air

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pendingin kemudian dialirkan menggunakan pompa (P-514) untuk digunakan sebagai air pendingin pada *cooler* HE-03. Air pendingin yang telah digunakan kemudian dialirkan menggunakan pompa (P-510) menuju *hot basin* (HB-501) untuk menampung air sementara sebelum diproses pada *cooling tower* untuk mengalami proses pendinginan air hingga mencapai suhu 30^{o}C.

8.2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Pada proses produksi sodium lignosulfonat, *steam* merupakan salah satu elemen penting yang digunakan sebagai media pemanas pada *heat exchanger*, jaket pemanas pada reaktor, serta evaporator. *Steam* yang digunakan pada proses produksi merupakan *saturated steam* pada tekanan yang berbeda-beda. *Saturated steam* digunakan dengan memanfaatkan panas laten yang terdapat di dalamnya untuk memanaskan fluida dingin pada alat-alat yang ada.

8.2.1. Kebutuhan *Steam*

Pada pabrik ini, *steam* digunakan untuk beberapa kebutuhan sebagai berikut.

Tabel 36. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Steam*

Alat	Kebutuhan, kg/jam	Suhu, ^{o}C	Tekanan, atm	Keterangan
R-01	230.3037	173.14	8.52	*Saturated Steam*
R-02	13.655.7149	120.00	1.99	*Saturated Steam*
E-101	34.070.1362	230.00	27.63	*Saturated Steam*
E-102	8.251.9016	120.00	1.96	*Saturated Steam*
E-104	1.946.8504	120.00	1.96	*Saturated Steam*
EVA-101	13.730.1674	300.00	84.84	*Saturated Steam*
Total	**71.885.0742**			
Overdesign (20%)	**86.262.0890**			
***Blowdown* (5%)**	**3.594.2537**			
***Steam Loss* (2%)**	**1.437.7015**			
***Makeup Water* (10%)**	**7.188.5074**			
***Deaerator* (15%)**	**10.782.76113**			

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Dengan kebutuhan *steam* yang tertera pada Tabel tersebut, maka *steam* yang diproduksi memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Saturated Steam

Suhu : 300^{o}C

Tekanan : 84,84 atm

Flowrate : 109.265,3128 kg/jam

8.2.2. Kebutuhan Panas *Boiler*

Kebutuhan panas pada *boiler* diperhitungkan dengan memperhatikan dua jenis panas, yaitu panas sensibel dan panas laten dari air. Perhitungan panas sensibel dan panas laten air dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Yaws, 1999).

$$Cp = A + BT + CT^2 + DT^3$$

$$H_{vap} = A\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n$$

dengan,

Cp = kapasitas panas air, J/(mol.K)

Hvap = entalpi penguapan, kJ/mol

A, B. C. D, n = koefisien regresi komponen

T = suhu, K

Data koefisien regresi untuk senyawa berupa air adalah sebagai berikut (Yaws, 1999).

Tabel 37. Data Koefisien Regresi Air

Konstanta Kapasitas Panas			
A	**B**	**C**	**D**
92,053	$-3{,}9953\times10^{-2}$	$-2{,}1103\times10^{-4}$	$5{,}3469\times10^{-7}$
Konstanta Entalpi Penguapan			
A	**Tc**	**n**	
53,053	647,13	0,321	

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pada *saturated boiler*, dapat disusun neraca panas sebagai berikut.

$$m_{air}Cp_{air}(T_{in} - T_{ref}) + Q = m_{air}Cp_{air}(T_b - T_{ref}) + m_s H_{vap}$$

dengan,

m_{air} = massa air, kg/jam

m_s = massa *steam*, kg/jam

Cp_{air} = kapasitas panas air, kJ/(kg.K)

H_{vap} = entalpi penguapan, kJ/kg

T_{in} = suhu air masuk, K

T_b = titik didih, K

T_{ref} = suhu referensi, 298,15 K

Q = panas *boiler* yang dibutuhkan, kJ/jam

Panas *boiler* yang dibutuhkan dihitung dengan menggunakan data-data sebagai berikut.

m_{air} = 109.265,3128 kg/jam

m_{steam} = 94.842,5517 kg/jam

T_{in} = 28^{o}C

T_b = 300^{o}C

Sehingga diperoleh besar kebutuhan panas *boiler* sebagai berikut.

Tabel 38. Hasil Perhitungan Kebutuhan Panas *Boiler*

Keterangan	**ΔH, kJ/kg**	**Q, kJ/jam**
Q_{input}	12,5865	1.375.268,5321
Q_{output}	1.250,9354	136.683.847,0418
Q_{laten}	1.441,5532	141.967.838,0008

Q_{boiler} = 277.276.416,51 kJ/jam

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8.2.3. Kebutuhan Bahan Bakar

Berdasarkan perhitungan kalor yang dibutuhkan pada *boiler*, maka kebutuhan massa bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan bahan bakar berupa gas alam. Kandungan gas alam ditampilkan pada Tabel 39.

Apabila diasumsikan efisiensi *boiler* sebesar 70%, maka kebutuhan gas alam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$m_{fuel} = \frac{Q}{\eta \times HV}$$

dengan,

m_{fuel} = massa bahan bakar, kg/jam

Q = beban panas *boiler*, kJ/jam

η = efisiensi *boiler*

HV = *heating value*, kJ/kg (HV gas alam = 47.141 kJ/kg)

Sehingga diperoleh kebutuhan bahan bakar gas alam sebesar 7.352,3158 kg/jam.

Tabel 39. Hasil Perhitungan Berat Molekul Gas Alam

Komposisi	Berat Molekul (BM)	Fraksi Mol (y_i)	yi.BM
CH_4	16	0,9200	14,7200
C_2H_6	30	0,0180	0,5400
C_3H_8	44	0,0120	0,5280
n-C_4H_{10}	58	0,0031	0,1798
i-C_4H_{10}	58	0,0031	0,1798
n-C_5H_{12}	72	0,0010	0,0720
i-C_5H_{12}	72	0,0062	0,4464
C_6H_{14}	84	0,0012	0,1008
N_2	28	0,0347	0,9716
CO_2	44	0,0007	0,0308
Σ		1,0000	17,7692

Berdasarkan perhitungan berat molekul gas alam yaitu sebesar 17,7692 kg/kmol dan kebutuhan bahan bakar gas alam yaitu sebesar 7.352,3158 kg/jam, maka dapat

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dihitung kebutuhan mol gas alam yang dibutuhkan pada *saturated boiler* yaitu sebesar 413,7674 kmol/jam.

8.2.4. Kebutuhan Udara Pembakaran

Perhitungan kebutuhan udara pembakaran dilakukan dengan menghitung kebutuhan oksigen pada reaksi pembakaran gas alam. Berikut merupakan reaksi-reaksi yang terjadi pada pembakaran gas alam beserta kebutuhan O_2 yang diperlukan pada pembakaran dengan mengikuti reaksi stoikiometri.

Tabel 40. Hasil Perhitungan Kebutuhan O_2

No.	Reaksi	Koefisien O_2	Fraksi mol Hidrokarbon	Kebutuhan O_2, kmol/jam
1	$CH_4+2O_2 \rightarrow CO_2+2H_2O$	2	0,9200	761.3320
2	$C_2H_6+3½O_2 \rightarrow 2CO_2+3H_2O$	3,5	0,0180	26.0673
3	$C_3H_8+5O_2 \rightarrow 3CO_2+4H_2O$	5	0,0120	24.8260
4	$n\text{-}C_4H_{10}+6½O_2 \rightarrow 4CO_2+5H_2O$	6,5	0,0031	8.3374
5	$i\text{-}C_4H_{10}+6½O_2 \rightarrow 4CO_2+5H_2O$	6,5	0,0031	8.3374
6	$n\text{-}C_5H_{12}+8O_2 \rightarrow 5CO_2+6H_2O$	8	0,0010	3.3101
7	$i\text{-}C_5H_{12}+8O_2 \rightarrow 5CO_2+6H_2O$	8	0,0062	20.5229
8	$C_6H_{14}+9O_2 \rightarrow 5CO_2+6H_2O$	9,5	0,0012	4.7169
				763,0566

Kebutuhan udara pembakaran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut. Diasumsikan pula digunakan udara berlebih sebesar 15% sehingga kebutuhan udara kering dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$n_{udara} = \frac{n_{oksigen}}{21\%}$$

$$n_{excess} = (1 + \%excess)n_{udara}$$

Sehingga diperoleh kebutuhan udara (*excess air*) sebesar 4.695,5606 kmol/jam. Perhitungan udara yang diumpankan dilakukan dengan mempertimbangkan spesifikasi dari udara Riau. Berdasarkan data dari BPS (2021), rata-rata udara di Provinsi Riau berkisar pada 29^{o}C dengan kelembaban 78%. Data tersebut kemudian digunakan untuk mengetahui *humidity ratio* melalui *psychometric chart*. Diperoleh *humidity ratio*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

sebesar 0,0195 kg air/kg udara kering. Sehingga perhitungan massa udara basis basah dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Massa udara} = \text{BM}_{\text{udara}} \times \text{n}_{\text{excess air}}$$

$$\text{Massa udara}_{\text{basis basah}} = (1 + \text{Y})\ \text{Massa Udara}_{\text{basis kering}}$$

dengan,

BM Udara= berat molekul udara, kg/kmol (28,84 kg/kmol)

Y = *humidity ratio*

Sehingga diperoleh massa udara basis basah sebesar 138.060,6577 kg/jam.

8.3. Unit Penyedia Udara (*Instrument Air System*)

Unit penyedia udara bertugas untuk menyediakan kebutuhan udara yang akan digunakan di seluruh pabrik, yaitu kebutuhan udara *spray dryer* (SP-101), udara *boiler* (BO-501), dan udara instrumen. Udara pada *spray dryer* digunakan untuk proses kristalisasi SLS sehingga kandungan air pada butiran SLS akan semakin sedikit sehingga akan terjadi pengkristalan butiran SLS. Udara pada *boiler* digunakan untuk proses pembakaran. Udara instrumen digunakan untuk menggerakkan sistem pneumatik. Sumber udara diambil dari udara atmosferis lingkungan yang perlu disaring terlebih dahulu menggunakan *bag filte*r.

8.3.1. Udara *Spray Dryer*

Udara spray dryer adalah udara yang digunakan untuk mengurangi kadar air pada butiran SLS yang disemprotkan melalui *nozzle spray dryer*. Udara perlu dihilangkan partikel pengotornya agar tidak mengotori butiran SLS. Berdasarkan perhitungan pada alat *spray dryer* (SP-101) sebelumnya, kebutuhan dan spesifikasi udara yang dibutuhkan untuk proses ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 41. Spesifikasi Udara Kebutuhan *Spray Dryer* (SP-101)

Spesifikasi Udara	
Kebutuhan	46.368.1801 kg/jam
Overdesign (120% kebutuhan)	55.641.8161 kg/jam

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Spesifikasi Udara	
Suhu	200^{o}C
Tekanan	4,8053 atm

8.3.2. Udara *Boiler*

Udara *boiler* merupakan udara yang digunakan sebagai udara pembakaran yang akan bereaksi dengan bahan bakar. Udara perlu dihilangkan partikel pengotornya. Kebutuhan udara pada *boiler* (BO-501) berdasarkan perhitungan pada unit pembangkit *steam* adalah sebagai berikut.

Tabel 42. Spesifikasi Udara Kebutuhan *Boiler* (BO-501)

Spesifikasi Udara	
Kebutuhan	121306.9896 kg/jam
Overdesign (120% kebutuhan)	145568.3875 kg/jam

8.3.3. Udara Instrumen

Udara instrumen adalah udara yang digunakan untuk menggerakkan sistem pneumatik. Sistem pneumatik merupakan sistem penggerak yang menggunakan tekanan udara dalam operasinya (Pradana, 2017). Instrumen yang menggunakan sistem pneumatik ini antara lain adalah *control valve, shutdown valve*, dan *blowdown valve*. *Control valve* bekerja pada keadaan *steady state* dan *transient*. Sedangkan s*hutdown valve* dan *blowdown valve* beroperasi secara normal saat dibutuhkan seperti saat *startup* maupun *shutdown*. Oleh karena itu, kebutuhan udara dari masing-masing jenis *valve* akan berbeda.

Diasumsikan jumlah dari *transient control valve* sebanyak 10% dari *steady state control valve* dan *blowdown valve* sebanyak 50% dari *transient control valve*. Kebutuhan udara instrumen dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 43. Spesifikasi Udara Kebutuhan Instrumentasi

Alat		**Jumlah**	**Laju Alir, ft^3/menit**	**Kebutuhan, ft^3/menit**
Control valve	*Steady state*	62	0,3	18,6

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

	Transient	7	7	49
Shutdown valve		8	3,5	28
Blowdown valve		4	3,5	14
Total				109,6
***Overdesign* (20%)**				131,52

Didapatkan untuk kebutuhan udara sebesar 131,52 ft^3/menit atau 223,4539 m^3/jam.

Kondisi udara yang dibutuhkan untuk udara instrumen adalah memiliki tekanan 40 psig atau 3,72 atm. Sumber udara berasal dari lingkungan yang memiliki tekanan sebesar 1 atm dan suhu 29^{o}C. Perbedaan kondisi operasi tersebut akan berpengaruh terhadap udara yang dibutuhkan. Perhitungan kebutuhan udara lingkungan dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$P_1 {V_1}^{\gamma} = P_2 {V_2}^{\gamma}$$

$$V_1 = V_2 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

dengan,

P1 = tekanan udara lingkungan, atm

P2 = tekanan udara instrumen, atm

V1 = debit udara lingkungan, m3/jam

V2 = debit udara instrumen, m3/jam

γ = nilai Cp/Cv (udara = 1,4)

Perhitungan menjadi,

$$V_1 = 223{,}4539 \frac{m^3}{jam} \left(\frac{3{,}72\ atm}{1\ atm}\right)^{\frac{1}{1{,}4}}$$

$$V_1 = 594{,}0864 \frac{m^3}{jam}$$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sehingga didapat kebutuhan udara sebesar 594,0864 m^3/jam. Perhitungan massa udara lingkungan adalah sebagai berikut.

$$m_{udara\ lingkungan} = \frac{P \times V \times Bm}{R \times T}$$

$$m_{udara\ lingkungan} = \frac{1\ atm \times 594{,}0864\,\frac{m^3}{jam} \times 28{,}84\,\frac{kg}{kmol}}{0{,}082\,\frac{atm.m^3}{kmol.K} \times 302{,}15\ K}$$

$$m_{udara\ lingkungan} = 691{,}0202\ kg\ udara\,\frac{kering}{jam}$$

Udara diambil dari lingkungan dengan menggunakan *forced-draft fan* yang kemudian disaring partikel pengotor dengan menggunakan *bag filter*. Udara yang akan digunakan untuk proses pengeringan dan instrumentasi harus dikeringkan terlebih dahulu. Berdasarkan data BPS (2021), udara di Provinsi Riau memiliki suhu rata-rata 29^{o}C dengan nilai kelembaban 78%. Perhitungan kadar air dilakukan sebagai berikut.

$$m_{air} = m_{udara} \times humidity$$

Nilai *humidity* diperoleh dengan menggunakan *psychrometric chart* dan didapat sebesar 0,0195 kg air/ kg udara kering. Perhitungan kadar air dilakukan sebagai berikut.

$$m_{air} = \left(691{,}0202\,\frac{kg\ uk}{jam} + 55.641{,}8161\,\frac{kg\ uk}{jam}\right) \times \frac{0{,}0195 kg\ air}{kg\ udara\ kering}$$

$$m_{air} = 56.332{,}8363\,\frac{kg}{jam}$$

Udara pengering dikeringkan dengan menggunakan bejana pengering yang berisi *silica gel*. *Silica gel* memiliki kapasitas penyerapan sebesar 0,5 gr air/ gr *silica gel* (Perry, 1997). Dengan asumsi waktu tinggal di bejana pengering adalah 2 jam, kebutuhan *silica gel* adalah sebagai berikut.

$$\mathrm{m_{silica\ gel}} = \frac{56.332{,}8363\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{jam}} \times 2\ \mathrm{jam}}{0{,}5\,\frac{\mathrm{kg\ air}}{\mathrm{kg\ silica\ gel}}}$$

$$\mathrm{m_{silica\ gel}} = 4.393{,}9612\ \mathrm{kg/jam}$$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Asumsi 80% volume bejana pengering diisi oleh *silica gel*. Perhitungan volume *silica gel* adalah sebagai berikut.

$$\mathrm{V_{silica\ gel}} = \frac{\mathrm{m_{silica\ gel}}}{\mathrm{Bulk\ density}}$$

dengan,

Bulk density = 47,50 lb/ft3 atau 760,4750 kg/m3

$$V_{silica\ gel} = \frac{4.393{,}9612\ \mathrm{kg/jam}}{760{,}4750\ \frac{kg}{m^3}}$$

$$V_{silica\ gel} = 5{,}7779\ m^3$$

Sehingga, perhitungan volume bejana pengering adalah sebagai berikut.

$$V_{bejana\ pengering} = \frac{V_{silica\ gel}}{80\%}$$

$$V_{bejana\ pengering} = \frac{5{,}7779\ m^3}{80\%}$$

$$V_{bejana\ pengering} = 7{,}2223\ m^3$$

Asumsi nilai H/D = 2, didapatkan diameter dan tinggi bejana pengering sebesar D = 1,5326 m dan H = 3,0652 m.

Silica gel yang telah digunakan selama waktu tinggal akan mengalami kejenuhan sehingga perlu adanya regenerasi agar *silica gel* dapat digunakan kembali. Proses regenerasi dilakukan dengan memanasi *silica gel* selama 1 jam dengan suhu 120^{o}C agar air yang berada di *silica gel* menguap. Diperlukan dua buah bejana pengering agar proses berjalan secara kontinu. Alat pertama akan berjalan secara normal dan alat kedua akan *standby* sewaktu-waktu alat pertama mengalami regenerasi.

Untuk mendapatkan tekanan maupun suhu udara yang diinginkan, perlu adanya kompresor. Persamaan hubungan antara suhu dan tekanan dan persamaan untuk perhitungan daya kompresor adalah sebagai berikut.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$W = \frac{R \times T_1}{\gamma - 1}\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right]$$

$$P = W \times n_{udara}$$

dengan,

W = kerja kompresor, kJ/kmol

P = daya kompresor, kJ/jam

R = tetapan gas ideal, 8,314 kJ/kmol.K

BM = berat molekul, 28,84 kg/kmol

Udara pengering *spray dryer* membutuhkan suhu udara 200^{o}C sebanyak 20810,2091 kg/jam. Dengan persamaan di atas, didapatkan tekanan yang harus dicapai oleh kompresor adalah sebagai berikut.

$$\frac{473{,}15\ K}{302{,}15\ K} = \left(\frac{1\ atm}{P_2}\right)^{\frac{1-1{,}4}{1{,}4}}$$

$$P_2 = 4{,}8053\ atm$$

$$W = \frac{8{,}314\,\frac{kJ}{kmol.K} \times 302{,}15\ K}{1{,}4 - 1}\left[\left(\frac{4{,}8053\ atm}{1\ atm}\right)^{\frac{1{,}4-1}{1{,}4}} - 1\right]$$

$$W = 3554{,}2350\ kJ/kmol$$

$$P = 3554{,}2350\,\frac{kJ}{kmol} \times \frac{55.641{,}8161\,\frac{kg}{jam}}{28{,}84\,\frac{kg}{kmol}}$$

$$P = 5.714.403{,}9048\,\frac{kJ}{jam}$$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sehingga didapatkan daya yang dibutuhkan adalah 5.714.493,9048 kJ/jam atau 2128,6506 HP. Diasumsikan efisiensi kompresor adalah 78% dan efisiensi motor adalah 90%. Sehingga didapatkan daya motor penggerak adalah sebagai berikut.

$$P_{compressor} = \frac{2128{,}6506}{78\%}$$

$$P_{compressor} = 2729{,}0391\ HP$$

$$P_{motor} = \frac{2729{,}0391\ HP}{90\%}$$

$$P_{motor} = 3.032{,}2657\ HP$$

8.4. Unit Pengolahan Limbah (*Waste Treatment*)

8.4.1. Limbah Gas

Peraturan tentang limbah gas yang dapat dibuang oleh industri tertuang pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Baku mutu tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel **44.** Baku Mutu Limbah Gas

Komponen	Standar
SO2	60 μg/Nm^3 untuk pengukuran 1 tahun
CO	10.000 μg/Nm^3 untuk pengukuran 24 jam
Hidrokarbon	100 μg/Nm^3 untuk pengukuran 1 tahun
Pb	2 μg/Nm^3 untuk pengukuran 24 jam
Klorin	150 μg/Nm^3 untuk pengukuran 24 jam
Indeks sulfat	1 mg SO3/100 cm^3 dari *Lead* Peroksida untuk pengukuran 30 hari

Limbah gas yang terdapat di pabrik sodium lignosulfonat dari tandan kosong kelapa sawit meliputi gas hasil pembakaran pada *furnace boiler* (BO-501) dan gas hasil ekspansi *black liquor* pada *flash tank* (FT-101). Gas hasil pembakaran pada *furnace boiler* diasumsikan terbakar secara sempurna sehingga didominasi oleh karbon

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

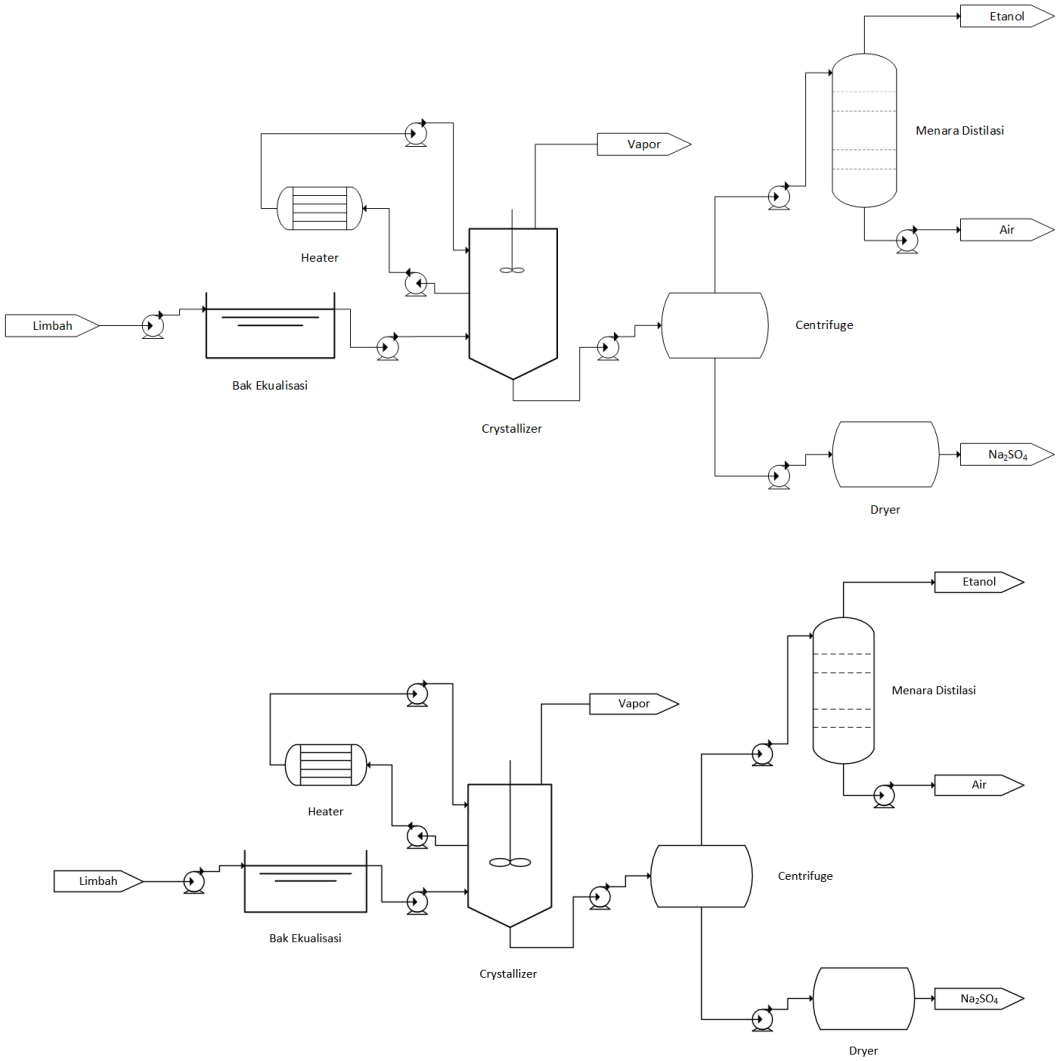
dioksida yang tidak perlu diolah lebih lanjut. Namun, terdapat kemungkinan partikel bahan bakar yang dapat terbawa aliran gas hasil pembakaran. Untuk mencegahnya ke lingkungan, perlu adanya *cyclone* dan *electric precipitator* (ESP) dengan prinsip adanya perbedaan muatan elektrostatis sehingga partikel dapat terjerap. Gas ekspansi *flash tank* hanya mengandung air sehingga tidak perlu pengolahan lebih lanjut.

8.4.2. Limbah Cair

Limbah cair dihasilkan dari unit proses, utilitas, maupun fasilitas umum. Limbah ini harus dihilangkan dari bahan pencemar seperti senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa yang tidak bisa diuraikan oleh mikroorganisme. Limbah sanitasi merupakan air buangan yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti memasak, mencuci, kamar mandi, dan lain sebagainya yang tidak menggunakan bahan berbahaya bagi lingkungan sehingga tidak memerlukan pengolahan lebih lanjut.

Limbah proses dihasilkan dari filter (F-102) yang berfungsi untuk memisahkan padatan lignin dari cairan dan kondensat evaporator (EVA-101) yang berasal dari penguapan air dan metanol yang digunakan pada efek selanjutnya sebagai pemanas sehingga akan mengembun dan menjadi kondensat. Limbah kondensat mengandung metanol yang tinggi sehingga perlu dihilangkan. Metanol dapat dipisahkan dengan air dengan menggunakan penguapan metanol karena metanol memiliki titik didih yang lebih rendah, yaitu 67,7^{o}C jika dibandingkan dengan air yang memiliki titik didih 100^{o}C. Limbah cairan dari filter (F-102) mengandung natrium sulfat (Na_2SO_4), air dan etanol yang besar sehingga perlu diolah lebih lanjut. Pengolahan limbah natrium sulfat dapat dilakukan dengan mengambil natrium sulfat menggunakan kristalisasi karena natrium sulfat bersifat larut dalam etanol. Langkah kristalisasi yang dilakukan adalah sebagai berikut (Hendrix, 1994).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 7. Diagram Alir Proses Kristalisasi

8.4.2.1. Bak Ekualisasi

Limbah cair dialirkan menuju bak ekualisasi yang berfungsi untuk menyeragamkan kondisi limbah dan menghindari fluktuasi.

8.4.2.2. Crystallizer

Di *crystallizer*, natrium sulfat akan membentuk kristal ketika konsentrasinya mencapai 20%. Pemekatan ini dilakukan dengan cara memasukkan cairan di dalam *crystallizer* ke *heater* sehingga cairan akan terpanaskan dan membentuk *vapor*. *Vapor*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

kemudian dikeluarkan melalui atas *crystallizer*. Pengurangan cairan ini akan mengakibatkan kondisi *solubility* limit pada natrium sulfat sehingga akan terjadi pengkristalan.

8.4.2.3. Centrifuge

Kristal yang terbentuk kemudian akan dipisahkan dari cairan dengan menggunakan *centrifuge*. Cairan akan dialirkan menuju Menara distilasi dan kristal natrium sulfat akan dialirkan ke *dryer*.

8.4.2.4. Dryer

Kristal kemudian dicuci dari pelarutnya dan dikeringkan menggunakan *dryer*. Padatan natrium sulfat kemudian dapat disimpan di silo.

8.4.2.5. Menara Distilasi

Kristal kemudian dicuci dari pelarutnya dan dikeringkan menggunakan *dryer*. Padatan natrium sulfat kemudian dapat disimpan di silo.

Limbah utilitas merupakan limbah cairan sisa regenerasi resin yang mengandung asam pada *cation exchanger* (F-503) dan basa pada *anion exchanger* (F-504), air *backwash* pada *sand filter* (F-501) dan *carbon filter* (F-502), dan air *blowdown* dari *cooling tower* (CT-501) dan *boiler* (BO-501).

8.4.3. Limbah Padat

Limbah padat terdapat pada padatan hasil filter (F-101, F-103, dan F-104) dan dari unit utilitas pengolahan air dimana *sludge* dihasilkan. F-101 menghasilkan limbah padatan selulosa dan hemiselulosa hasil dari reaksi delignifikasi, F-103 menghasilkan limbah padatan lignin yang tidak bereaksi menjadi SLS, dan F-104 untuk memisahkan natrium bisulfit yang mengendap. Limbah natrium bisulfit dalam perairan dapat membahayakan karena bereaksi dengan oksigen terlarut sehingga mengakibatkan semakin menurunnya kandungan oksigen dalam perairan dengan reaksi sebagai berikut (Matsuka, 1984).

$$2\ NaHSO_3 + O_2 \rightarrow\ 2\ NaHSO_4$$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sehingga, natrium bisulfit dapat digunakan untuk *oxygen scavenger* di deaerator (D-501). Limbah padatan selulosa, hemiselulosa, dan lignin dapat diolah menggunakan mikroba aerobik maupun anaerobik bersama limbah cair. Limbah *sludge* dari unit utilitas pengolahan air dapat dibuang ke *disposal* area.

8.5. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Tenaga Listrik (*Power Pland and Distribution System*)

8.5.1. Kebutuhan Listrik Utama

Pasokan listrik pada pabrik digunakan untuk membangkitkan listrik pada alat proses, unit utilitas, alat instrumentasi, serta untuk keperluan lainnya. Perhitungan kebutuhan listrik pada pabrik adalah sebagai berikut.

8.5.1.1. Listrik untuk Alat Proses

Tabel 45. Hasil Perhitungan Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Alat	Daya, HP	Jumlah	Total Daya, HP
Belt Conveyor			
BC-101	2	1	2
BC-102	3	1	3
BC-103	0.5	1	0.5
Chipper			
C-101	223	1	223
Reaktor			
R-101	3	1	3
R-102	7.5	1	7.5
Rotary Drum Vacuum Filter			
RDVF-101	6569	1	6569
RDVF-102	3801	1	3801
RDVF-103	1203	1	1203

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Alat	Daya, HP	Jumlah	Total Daya, HP
RDVF-104	1102	1	1102
Mixer			
V-101	7.5	1	7.5
V-102	7.5	1	7.5
V-103	8	1	8
V-104	7.5	1	7.5
V-105	7.5	1	7.5
Pompa Proses			
PP-101	3	1	3
PP-102	9	1	9
PP-103	7.5	1	7.5
PP-104	161.98	2	323.96
PP-105	2	1	2
PP-106	2	1	2
PP-107	7.5	2	15
PP-108	5	2	10
PP-109	3	1	3
PP-110	3	1	3
PP-111	3	1	3
PP-112	15	1	15
Jumlah			**13348.46**

8.5.1.2. Listrik untuk Unit Utilitas

Tabel 46. Hasil Perhitungan Kebutuhan Listrik untuk Unit Utilitas

Alat	Daya, HP	Jumlah	Total Daya, HP
Compressor			
CM-501	3033	1	3033
CM-502	37	1	37
CM-503	519	1	519
Screener			
SC-501	2	1	2
Mixer			
M-501	0.5	1	0.5
M-502	9	1	9
Cooling Tower			
CT-501	2	1	2

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Alat	Daya, HP	Jumlah	Total Daya, HP
Clarifier			
CF-501	15	1	15
Pompa Utilitas			
PU-501	7.5	1	7.5
PU-502	5	1	5
PU-503	5	1	5
PU-504	0.5	1	0.5
PU-505	0.5	1	0.5
PU-506	15	1	15
PU-507	3	1	3
PU-508	7.5	1	7.5
PU-509	5	1	5
PU-510	0.5	1	0.5
PU-511	2	1	2
PU-512	2	1	2
PU-513	2	1	2
PU-514	1	1	1
PU-515	1	1	1
PU-516	0.5	1	0.5
PU-517	1	1	1
PU-518	7.5	1	7.5
PU-519	1	1	1
PU-520	2	1	2
PU-521	3	1	3
PU-522	2	1	2
PU-523	3	1	3
Jumlah			**3.695**

8.5.1.3. Listrik Instrumentasi

Kebutuhan listrik untuk instrumentasi diasumsikan 5% dari kebutuhan alat, sehingga diperoleh besar kebutuhan listrik untuk instrumentasi sebagai berikut.

Kebutuhan listrik instrumentasi = 5% (Listrik Proses + Listrik Utilitas)

= 5% (13.348.46+3.695) HP

= 852,17 HP

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8.5.1.4. Listrik Penerangan dan Perkantoran

Kebutuhan listrik untuk penerangan dan perkantoran diasumsikan 20% dari kebutuhan alat, sehingga diperoleh besar kebutuhan listrik untuk penerangan dan perkantoran adalah sebagai berikut.

Kebutuhan listrik = 15% (Listrik Proses + Listrik Utilitas)
= 15% (13.348.46+3.695) HP
= 2.556,52 HP

Sehingga total kebutuhan listrik dari seluruh aspek adalah 20.452,15 HP atau 15,2512 MW. Dengan mempertimbangkan faktor keamanan sebesar 10%, maka diperoleh besar listrik yang diperlukan adalah sebesar 22.497,36 HP atau 16,7763 MW.

8.5.2. Kebutuhan Listrik Cadangan

Dalam beberapa keadaan terdapat kondisi dimana PLTU tidak dapat menyuplai listrik ke industri, sehingga diperlukan *diesel emergency generator* untuk memastikan pabrik tetap dapat berjalan seperti seharusnya. *Diesel emergency generator* dijalankan melalui pembakaran *petroleum oil* dan digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik proses, utilitas, instrumentasi, serta 50% dari penerangan dan perkantoran. Sehingga diperoleh kebutuhan listrik yang harus dipenuhi adalah sebesar 19.173,89 HP atau 14,2980 MW. Berikut merupakan spesifikasi *petroleum oil* yang digunakan sebagai bahan bakar *diesel emergency generator* (Perry, 1997).

Jenis : No. 2 *Fuel Oil* (Diesel)
Degrees API : 22
Komposisi : C = 87,3%
H = 12,6%
O = 0,04%
N = 0,006%
S = 0,22%
Ash = <0,01%
Flash point : min. 38^{o}C

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pour point : max. -6^{o}C

Lower Heating Value : 42.790 MJ/kg

Perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan efisiensi generator sebesar 75% adalah sebagai berikut.

$$m_{fuel} = \frac{Kebutuhan\ Listrik}{LHV\ \times\ \eta}$$

$$m_{fuel} = \frac{14{,}2980\ \text{MJ/s}}{42{,}790\ \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \times 75\%} = 0{,}4455\ \text{kg/s}$$

Apabila diasumsikan PLTU *trip* selama 30 hari dalam satu tahun. Maka kebutuhan bahan bakar yang perlu disediakan dalam satu tahun adalah sebagai berikut.

$$\text{m}_{\text{fuel}} = \ 0{,}4455\ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 3600\ \frac{\text{s}}{\text{jam}} \times 24\ \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 30\ \text{hari} \times \frac{1}{1000}\ \frac{\text{ton}}{\text{kg}}$$

$$\text{m}_{\text{fuel}} = = 1.154{,}7971\ \text{ton/tahun}$$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

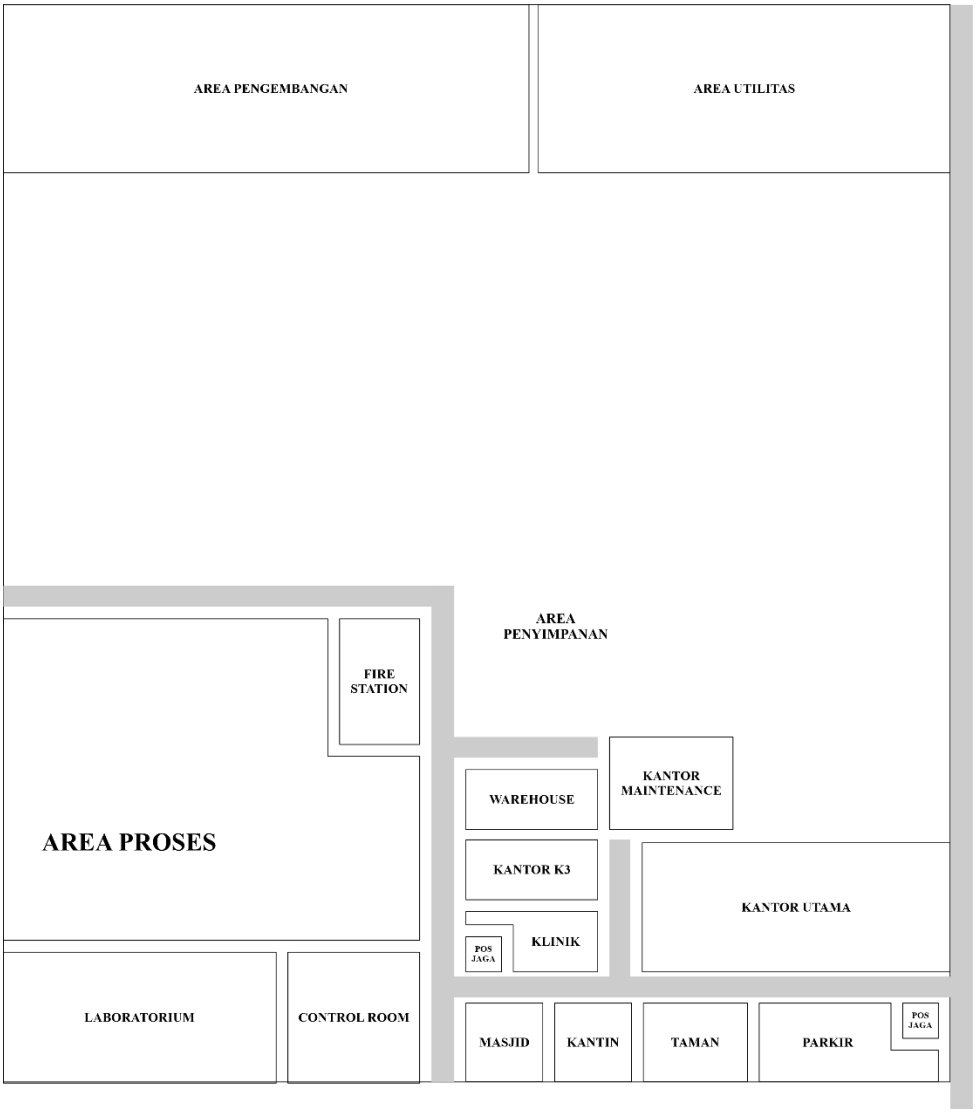
BAB IX
TATA LETAK PABRIK

Tata letak merupakan hal yang paling penting yang perlu diperhatikan dalam manajemen *health, safety, and environment*. Tata letak pabrik perlu disusun secara efisien agar kegiatan operasional produksi dapat berjalan dengan baik. Selain itu, penyusunan tata letak pabrik yang baik akan mempermudah proses evakuasi apabila terjadi kondisi darurat. Perlu adanya pemikiran yang matang tentang penempatan alat proses, tempat penyimpanan bahan kimia, tempat perkantoran, hingga penyelenggara HSE seperti *fire station* dan klinik. Faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik adalah sebagai berikut.

1. Alat proses harus terletak pada lokasi dengan akses yang mudah, memberikan keamanan bagi karyawan, serta efektif dan efisien dalam pendistribusian bahan. Selain itu, urutan proses harus sesuai untuk mempermudah sistem kontrol dan apabila terjadi masalah.
2. Bahan baku dan hasil produk dapat diterima dengan mudah.
3. Kemudahan akses operasional, perawatan, dan perbaikan alat proses dengan memberikan jarak antar alat.
4. Jalan yang dapat memberikan akses terhadap kendaraan kecil maupun besar. Selain itu, perlu adanya sarana tambahan untuk memastikan keamanan pengguna jalan.
5. Terdapatnya akses darurat di seluruh area pabrik sehingga upaya mitigasi bencana dapat dilakukan dengan baik. Akses darurat ini dapat berupa tangga darurat, pintu darurat, APAR, *hydrant*, dan lain sebagainya.
6. Terdapatnya area perluasan pabrik untuk pengembangan dan penambahan unit proses maupun fasilitas perkantoran.
7. Terdapat pos jaga untuk adanya pemantauan karyawan yang akan masuk ke lokasi. Karyawan/orang yang tidak memiliki akses tidak diperbolehkan untuk masuk ke dalam lokasi.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lokasi pabrik terdiri dari tiga bagian, yaitu area perkantoran, area produksi, dan area utilitas. Area perkantoran terdiri dari kantor utama, laboratorium, klinik, kantin, masjid, kantor K3, dan *control room*. Area produksi terdiri dari area proses, area penyimpanan bahan, dan *workshop*. Area utilitas terdiri dari unit pengolahan air, *steam*, udara, listrik, dan limbah.



Gambar 8. Tata Letak Pabrik

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tata Letak Alat Proses

Tata letak alat proses harus memiliki letak posisi yang baik agar proses yang berjalan dapat terjadi secara efisien dan aman. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam mendesain letak alat proses adalah sebagai berikut.

1. Kebutuhan proses

   Tata letak peralatan harus memberikan jarak yang cukup agar alat dapat berjalan dengan baik dan utilitas akan terdistribusi dengan mudah. Tata letak bahan baku diletakkan dekat dengan jalur transportasi agar sirkulasi kendaraan pengangkut bahan dapat mengambil dan meletakkan bahan dengan mudah dan efisien.
2. Keamanan

   Untuk aspek keamanan, peralatan proses perlu dikelompokkan tersendiri di luar peralatan lainnya agar apabila terdapat kecelakaan, kerusakan tidak menyebar ke seluruh peralatan. *Rule of thumb* untuk jarak peralatan diatur dalam *Global Asset Protection Services* (GAPS) *Guidelines*.
3. Kemudahan pemeliharaan

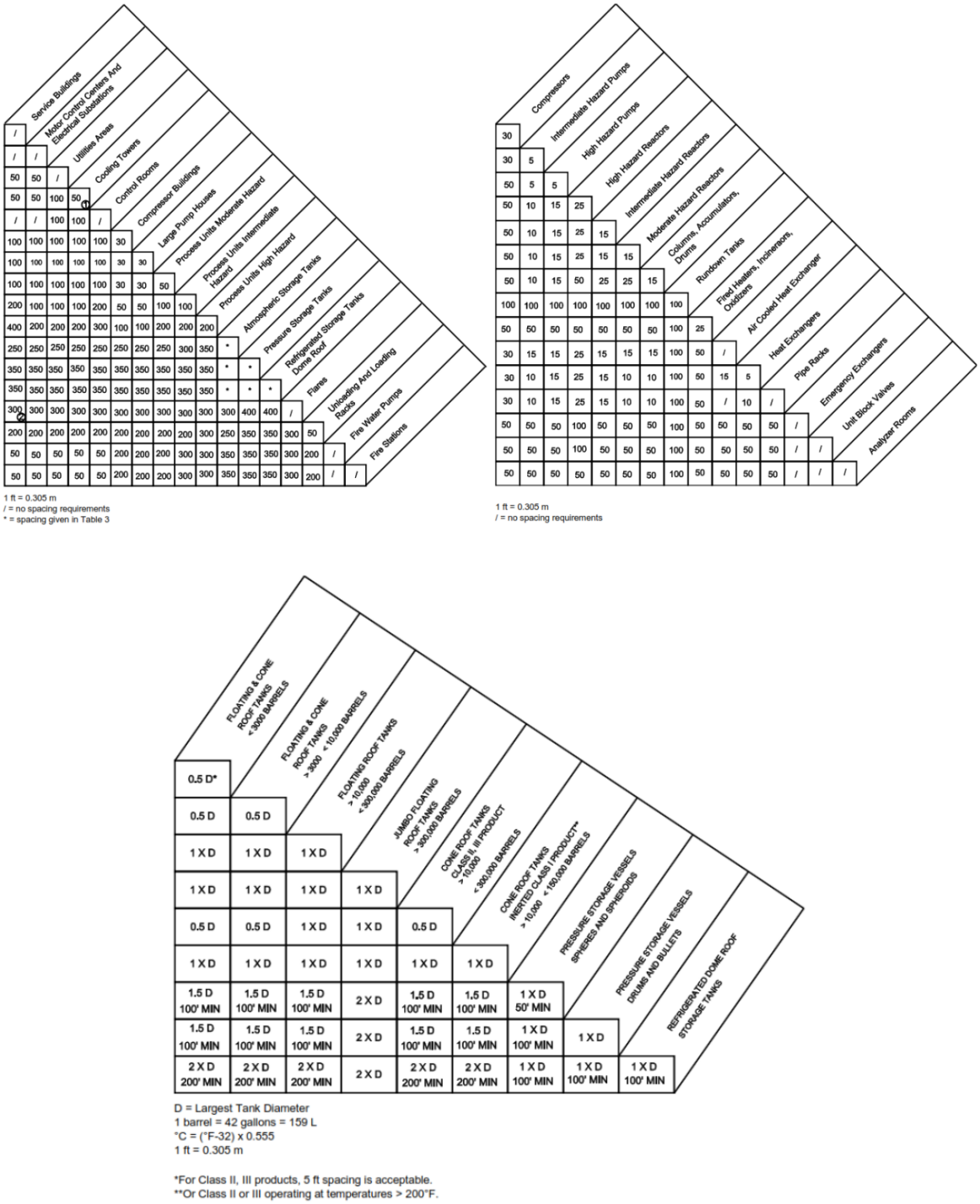
   Pemeliharaan secara berkala perlu dilakukan untuk menambah umur peralatan dengan mencegahnya dari kerusakan. Untuk itu, perlu adanya ruang untuk dilakukannya pemeliharaan seperti pembersihan *tube* pada *heat exchanger*.
4. Ekonomi

   Sistem tata letak yang efisien akan menyebabkan jumlah pipa yang digunakan semakin sedikit pula. Akibatnya, biaya pemipaan menjadi lebih murah sehingga biaya konstruksi dapat diminalisir.

Setiap alat proses perlu diberi jarak untuk menjaga keamanan dan kemudahan operasi. *Rule of thumb spacing* antar alat pada pabrik menurut GAPS *Guidelines* adalah sebagai berikut (Global Aset Protection Sercives, 2000).

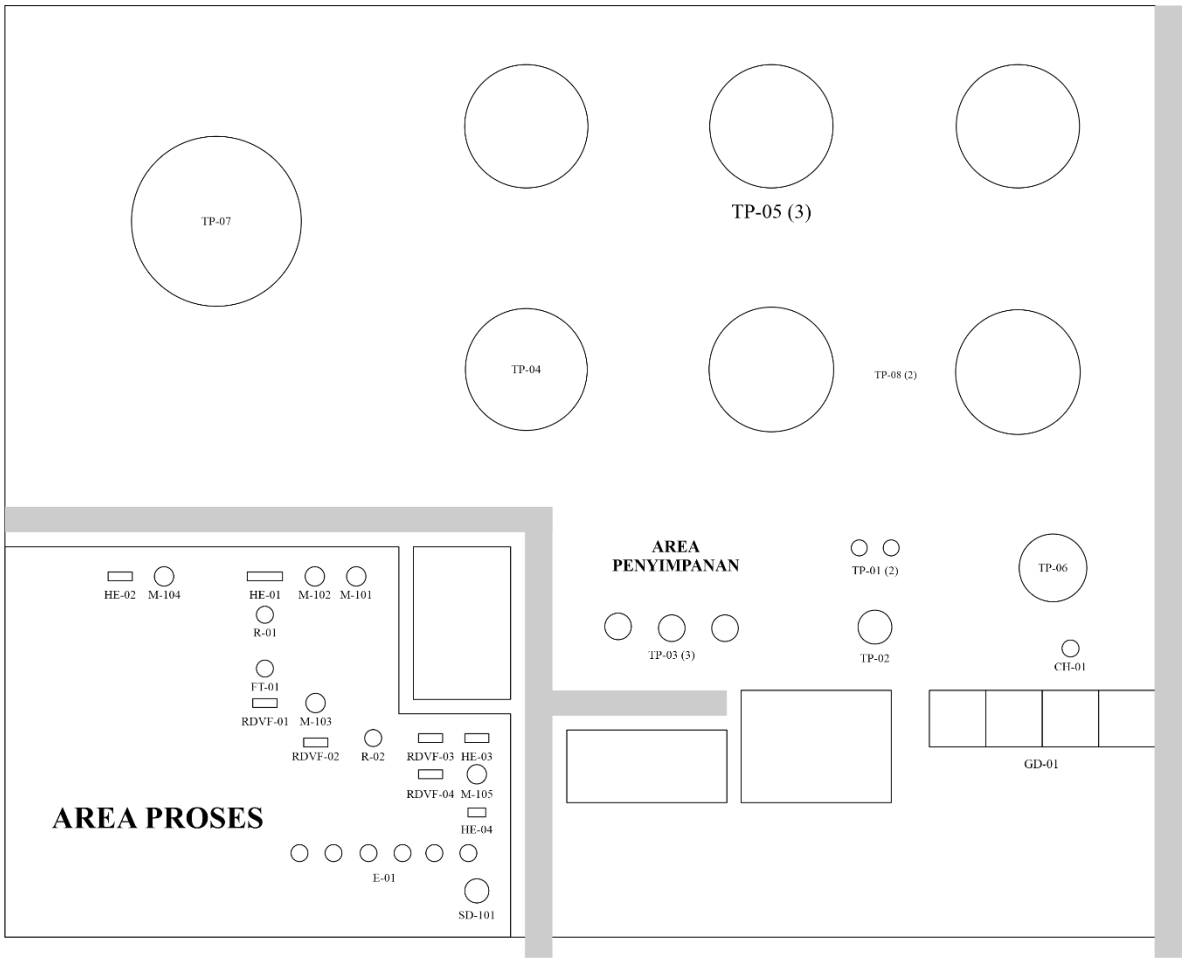
UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 9. *Rule of Thumb Spacing* Alat Pabrik

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 10. Tata Letak Alat Proses

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB X
PERTIMBANGAN ASPEK KESELAMATAN, KESEHATAN KERJA, DAN LINGKUNGAN

10.1. Manajemen Safety, Health, and Environment

Aspek *safety, health, and environment* atau Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan (K3L) merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam industri kimia. Hal ini disebabkan karena industri kimia merupakan industri yang memiliki potensi serta risiko bahaya yang tinggi yang dapat memberikan pengaruh buruh baik bagi kesehatan dan keselamatan pekerja maupun lingkungan sekitar yang dapat disebabkan karena proses, bahan, maupun prosedur. Selain aspek kelayakan bangunan dan alat yang perlu memenuhi standar untuk menjamin operasi pabrik dapat berjalan dengan baik, aspek karyawan atau pekerja juga perlu diperhatikan selama pelaksanaan operasionalnya. Karyawan atau manusia merupakan sumber daya yang memiliki peranan penting di perusahaan untuk menjamin dan menjalankan proses produksi di perusahaan sehingga diharapkan manajemen pabrik dapat menyediakan lingkungan yang memberikan rasa aman dan nyaman terhadap pekerja.

Dalam mengupayakan keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan, digunakan sistem manajemen SHE untuk mengidentifikasi, memahami, serta mengendalikan *hazard* yang terdapat pada suatu sistem proses sehingga *hazard* tersebut dapat diminimalisir ataupun dicegah dengan beberapa Tindakan. Pada perancangan pabrik SLS, manajemen SHE meninjau dari tiga aspek, yaitu:

1. *Safety*

   Keselamatan kerja merupakan suatu kondisi di mana pekerja aman atau selamat baik secara jasmani maupun rohani serta terhindar dari bahaya selama melakukan pekerjaan yang dapat mengakibatkan kerugian bagi pekerja dan perusahaan. Dalam konsep manajemen SHE, aspek *safety* atau keselamatan kerja mengacu pada upaya-upaya yang dilakukan suatu industri untuk meningkatkan keselamatan kerja dengan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

cara mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Upaya tersebut dapat dilakukan apabila telah dilakukan identifikasi, pemahaman, serta pengendalian dari *hazard* yang dapat ditimbulkan dari suatu proses produksi. *Hazard* atau bahaya sendiri merupakan suatu sifat yang terdapat pada bahan, proses, atau alat yang dapat menimbulkan efek negatif baik pada manusia maupun lingkungan. Sehingga efek maupun probabilitas dari *hazard* tersebut sebaiknya diminimalisir semaksimal mungkin sebelum kegiatan kerja dilakukan oleh karyawan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mengidentifikasi bahan, alat, serta proses yang digunakan sehingga dapat dilakukan pengelolaan *hazard* yang sesuai. Selain itu, eliminasi *hazard* juga dapat dilakukan dengan mensubstitusi alat, bahan, maupun proses dengan *substituent* yang lebih aman. Serta pengendalian *hazard* dapat dilakukan dengan pemasangan alat kontrol, pengelolaan limbah, *layout* yang sesuai dengan prosedur, pelatihan untuk para pekerja, serta prosedur-prosedur yang berkaitan dengan pekerjaan dimana tersusun secara detail dan runtut pada *Standard Operating Procedure* (SOP). Dalam dokumen SOP, terdapat instruksi-instruksi mengenai proses operasi suatu alat sehingga meminimalisir risiko terjadinya kecelakaan kerja karena pengoperasian yang salah. Dokumen SOP perlu dievaluasi serta diperbaharui secara rutin sesuai dengan perkembangan dan pembaharuan yang terjadi pada alat-alat pabrik.

2. *Health*

Kesehatan kerja merupakan suatu kondisi dimana pekerja selalu sehat tanpa adanya hal-hal yang dapat menyebabkan pekerja sakit, cidera, atau mengalami kerusakan pada anggota tubuh selama berada di lingkungan kerja. Pada manajemen SHE, aspek *health* mengacu pada upaya-upaya yang dilakukan oleh suatu industri agar para pekerjanya tidak mengalami gangguan atau penyakit yang dapat merusak atau mengganggu produktivitas dalam bekerja. Kesehatan dari para pekerja (*health*) dapat dipengaruhi oleh dua hal, yaitu paparan fisis dan paparan bahan kimia. Paparan fisis merupakan sifat-sifat fisis yang ditimbulkan selama proses operasi berlangsung, seperti panas, kebisingan, permukaan jalan yang tidak rata, dan lain sebagainya.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Dalam meminimalisir paparan fisis tersebut, pencegahan dapat dilakukan dari sisi desain seperti pemasangan insulator maupun dari sisi pekerja melalui penggunaan alat pelindung diri (APD). Alat pelindung diri yang wajib digunakan oleh pekerja meliputi *safety helmet*, *goggles, earplug*, *respirator*, *coverall*, *gloves*, *safety shoes*, maupun alat pelindung lainnya.

Paparan bahan kimia merupakan paparan yang ditimbulkan karena penggunaan bahan kimia pada industri. Paparan bahan kimia tidak boleh melebihi batas aman yang telah ditentukan pada parameter *threshold limit value* (TLV) serta kontak dengan bahan kimia diminimalisir dengan menggunakan APD yang sesuai untuk meminimalisir *hazard* dari bahan kimia tersebut. Selain paparan bahan kimia karena kontak secara langsung, paparan bahan kimia juga dapat disebabkan karena ledakan, kebocoran, ataupun adanya *failure* pada alat dimana hal tersebut tidak dapat dikendalikan serta dapat mempengaruhi kesehatan dari pekerja. Untuk mengurangi resiko tersebut, maka dipasang alat kontrol serta tersedianya tim tanggap darurat pada lokasi-lokasi yang bersifat *hazardous*. Sifat-sifat yang terdapat pada suatu bahan dapat dipelajari dan dipahami melalui *safety data sheet* (SDS). Pemahaman SDS pada setiap pekerja sangat penting untuk dapat mengetahui cara penyimpanan bahan kimia yang tepat, potensi yang dapat ditimbulkan, serta penanganan yang sesuai apabila terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.

3. *Environment*

Aspek *environment* atau lingkungan merupakan aspek yang berkaitan dengan upaya-upaya yang dilakukan oleh industri untuk meminimalisir kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh operasional pabrik. Aspek lingkungan berkaitan erat dengan pembuangan limbah dimana limbah yang dihasilkan harus diolah terlebih dahulu sehingga memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah sebelum dapat dibuang ke lingkungan. Hal tersebut dilakukan untuk mengurangi pencemaran pada lingkungan yang apabila tidak dikendalikan maka dapat merusak lingkungan dan merugikan makhluk hidup baik hewan, tumbuhan, maupun manusia.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Proses pengolahan limbah harus dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan, sesuai dengan jenis limbah yang dihasilkan, serta memperhatikan *hazard* yang terdapat pada masing-masing limbah. Limbah yang dihasilkan pada industri dapat berupa cairan, padatan, maupun emisi gas.

Selain aspek-aspek pada manajemen SHE tersebut, digunakan pula suatu sistem manajemen yang terdiri atas beberapa elemen untuk membantu industri dalam mengurangi frekuensi serta probabilitas suatu *hazard* akibat kegiatan proses produksi sebagai upaya perlindungan pada area kerja yang disebut dengan *Process Safety Management* (PSM). PSM merupakan suatu sistem manajemen yang dikembangkan oleh Occupational Safety and Health Administration (OSHA) dan terdiri atas 14 elemen, yaitu:

1. *Process Safety Information*

   Tahap pertama pada PSM adalah pengumpulan, membuat, serta memelihara dokumen-dokumen yang mencakup informasi terkait keselamatan proses. Tahapan tersebut merupakan langkah awal untuk dapat mengidentifikasi bahaya dan risiko yang berkaitan dengan bahan maupun proses yang digunakan.

   Informasi yang berkaitan dengan hazard bahan, harus mencakup *toxicity*, batas paparan bahan kimia yang diizinkan, data fisis, reaktivitas, korosivitas, *thermal* dan *chemical stability*, serta efek bahaya yang ditimbulkan dari pencampuran bahan/material yang berbeda. Informasi-informasi terkait bahan dapat diperoleh dari *safety data sheet* (SDS). Selain sifat dari bahan, SDS juga mencakup tata cara penyimpanan, pengelolaan, dan pembuangan bahan serta pengelolaan apabila terjadi hal-hal yang tidak diinginkan yang berkaitan dengan bahan kimia tersebut. Informasi yang berkaitan dengan proses dan teknologi yang digunakan harus mencakup *block flow diagram* atau *simplified process flow diagram*, proses kimia yang terjadi, maksimum *inventory*, batas atas dan batas bawah suhu yang aman untuk operasi, tekanan, aliran atau komposisi, serta evaluasi atas konsekuensi yang ditimbulkan karena adanya deviasi. Pada informasi mengenai peralatan proses, informasi harus

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

mencakup material konstruksi, *pipe and instrument diagrams* (P&ID), klasifikasi listrik, desain *relief system*, desain sistem ventilasi, desain *code* dan *standard* yang digunakan, neraca massa dan neraca panas, serta sistem keamanan seperti *interlocks*, sistem deteksi, dan lain sebagainya.

2. Process Hazard Analysis

Process Hazard Analysis merupakan suatu pendekatan yang menyeluruh, teratur, serta sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, serta mengendalikan bahaya yang ditimbulkan karena proses yang melibatkan bahan kimia di dalamnya. PHA ini merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja karena menyediakan informasi yang mendukung manajemen, pekerja, maupun kontraktor untuk membuat keputusan yang berhubungan dengan upaya minimalisir risiko. Terdapat tiga metode yang umum digunakan dalam PHA, yaitu:

a. HIRADC (*Hazard Identification Risk Assessment and Determining Control*)
b. HAZOP (*Hazard Operability Study*)
c. Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)
d. FTA (Fault Tree Analysis)

Penyusunan PHA harus dilakukan oleh tim profesional yang telah mengetahui secara detail mengenai proses dan teknikal analisis bahaya. Selain itu, dalam penyusunannya juga harus dijelaskan jangka waktu pelaksanaan rekomendasi tindak lanjut serta melakukan analisis ulang apabila terdapat perubahan.

3. Operating Procedure

Manajemen industri harus menyediakan prosedur operasi untuk setiap alat yang mencakup instruksi-instruksi yang bertahap mengenai bagaimana pekerjaan yang berkaitan dengan proses dapat dilakukan secara aman. Prosedur harus sejalan dengan PSI dan mencakup tahap-tahap untuk setiap tahap pengoperasian, batasan pengoperasian, pertimbangan keselamatan dan kesehatan, serta sistem keselamatan dan fungsinya. Prosedur-prosedur pengoperasian umumnya disusun pada suatu

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

standard operating procedure (SOP) yang berisi tahap-tahap pengoperasian baik pada kondisi *start-up*, pengoperasian normal, pengoperasian sementara, *emergency shutdown*, *normal shutdown*, serta batasan-batasan pengoperasian yang mencakup langkah-langkah operasi apabila terdapat penyimpangan pada suatu parameter terukur. Dokumen SOP harus tersusun secara singkat, jelas, padat, dan runtut serta perlu dievaluasi dan diupdate secara berkala apabila terjadi perubahan-perubahan pada pengoperasian pabrik.

4. *Employee Participation*

Pada pelaksanaan program PSM, industri harus melakukan konsultasi dan diskusi dengan pekerja ataupun perwakilan pekerjaan mengenai pengadaan dan pengembangan kajian bahaya di tempat kerja serta perencanaan pencegahan kecelakaan. Hal ini untuk memastikan bahwa seluruh pihak juga memahami bahaya serta risiko dalam proses serta memiliki akses ke PHA dan informasi-informasi lain yang digunakan untuk mendukung analisis tersebut.

5. *Training*

Selain berpartisipasi pada PSM, para pekerja juga harus mengikuti *training* yang memadai mengenai proses, prosedur operasi, *emergency operation*, *specific safety and health hazards*, serta praktik kerja yang aman sesuai dengan kebutuhannya di tempat kerja. Pelatihan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman pekerja mengenai pelaksanaan pekerjaan yang aman, risiko pekerjaan terkait proses, bahaya mengenai bahan kimia yang digunakan, serta hal-hal yang perlu dilakukan dalam kondisi darurat. *Training* perlu dilakukan setidaknya 3 tahun sekali atau lebih sebagai *refresher training*. Seluruh kegiatan *training* perlu didokumentasikan dan dilengkapi dengan identitas *trainee*, tanggal pelaksanaan, serta verifikasi yang menunjukkan bahwa para pekerja telah memahami materi dari *training* dengan baik.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6. *Contractors*

Kontraktor merupakan salah satu elemen dari PSM yang bertugas untuk mengoperasikan proses produksi atau pekerjaan rutin lainnya dengan keahlian khusus ataupun pada kegiatan khusus seperti *turnaround maintenance*, renovasi, ekspansi, perawatan, instalasi, dan lain sebagainya. Dalam proses pemilihan kontraktor, pihak industri perlu memastikan kinerja/performa keselamatan dan program aspek *safety* dari kontraktor cukup serta memenuhi persyaratan K3. Berikut merupakan tanggung jawab perusahaan terhadap kontraktor:

a. Manajemen memperoleh dan mengevaluasi informasi mengenai program keselamatan dan kinerja keselamatan dari perusahaan kontraktor tersebut
b. Menginformasikan kepada para pekerja kontraktor mengenai sumber-sumber bahaya di tempat kerja seperti potensi kebakaran, ledakan, atau lepasnya gas beracun yang berhubungan dengan pekerjaan kontraktor tersebut
c. Menjelaskan prosedur tanggap darurat
d. Mengembangkan serta mengimplementasikan sistem kerja yang aman dengan mengontrol masuk, keluar, serta keberadaan dari tiap pekerja kontrak
e. Melakukan evaluasi kinerja kontraktor secara berkala untuk memastikan pencapaian target yang telah ditetapkan serta menjaga para pekerja kontrak terhindar dari kecelakaan, cedera, serta sakit di area kerja

Selain itu, kontraktor juga bertanggung jawab untuk menerapkan prosedur kerja yang telah ditetapkan oleh perusahaan serta melakukan pekerjaan untuk mencapai target yang telah ditentukan.

7. *Pre-Startup Safety Review*

Salah satu tahapan PSM adalah melakukan *pre-startup safety review* pada seluruh peralatan yang baru di *install* ataupun modifikasi serta apabila terdapat proses atau produk baru. Berikut merupakan hal-hal yang perlu dipastikan sebelum melakukan *start-up*:

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

a. Konstruksi dan peralatan sesuai dengan spek desain yang telah ditetapkan
b. Terdapat prosedur keselamatan, pengoperasian, perawatan, serta *emergency*
c. Memastikan PHA telah dilakukan serta aksi rekomendasi telah diterapkan sebelum *startup*
d. Modifikasi fasilitas telah memenuhi persyaratan
e. Setiap pekerja telah mengikuri *training* mengenai prosedur proses *startup*

Proses *safety review* bertujuan untuk meminimalisir resiko yang terjadi karena proses *startup* peralatan yang memiliki resiko kecelakaan kerja yang tinggi terutama ketika terdapat modifikasi/perubahan pada alat.

8. Mechanical Integrity

Proses pemeliharaan peralatan merupakan salah satu aspek penting dalam pengoperasian peralatan untuk memastikan peralatan yang digunakan berjalan dalam keadaan baik. Sistem perawatan yang baik haris dibuat untuk peralatan-peralatan yang bersifat sangat penting, termasuk prosedur tertulis, pelatihan kerja, inspeksi, serta pengujian alat untuk memastikan seluruh peralatan dapat beroperasi dengan baik. Kegiatan inspeksi serta pengujian harus dilakukan sesuai dengan prosedur dan standar yang ada dengan frekuensi inspeksi disesuaikan dengan rekomendasi vendor. Seluruh inspeksi dan pengujian perlu didokumentasikan serta seluruh deviasi pada alat harus diperbaiki terlebih dahulu sebelum alat dapat dioperasikan. Berikut merupakan alat-alat yang wajib mengaplikasikan elemen *mechanical integrity* PSM:

a. Vessel/Bejana bertekanan dan tangki penyimpanan
b. Sistem pemipaan serta komponennya (seperti *valve*)
c. Sistem *relief* dan *venting*
d. Sistem *emergency shutdown*
e. Sistem kontrol termasuk peralatan *monitoring*, sensor, alarm, dan *interlock*
f. Pompa

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

9. Hot Work Permit

Beberapa pekerjaan perbaikan atau modifikasi yang terdapat pada industri menggunakan panas (*hot work*) dalam proses operasinya. Proses pekerjaan yang tidak rutin tersebut dapat menyebabkan terjadinya kebakaran atau ledakan yang dapat mencelakai pekerja. Oleh karena itu, dalam meminimalisir risiko kecelakaan kerja, industri perlu menerapkan prosedur izin pekerjaan panas (*hot work permit*) untuk memastikan bahwa risiko telah teridentifikasi, pekerja telah memahami *hazard* yang dapat ditimbulkan, serta pencegahan dan perlindungan kebakaran telah diimplementasikan sebelum pekerjaan panas dimulai. Pencegahan serta perlindungan yang dilakukan harus memenuhi standar dari OSHA. Dalam *hot work permit* tersebut, harus tertera dengan jelas siapa yang melakukan pekerjaan (serta tidak boleh dilakukan sendirian), area kerja, jenis pekerjaan, alat pemadam api yang tersedia, serta pengesahan dari pihak yang berwenang. *Hot work permit* tersebut harus disimpan hingga pekerjaan selesai.

10. Management of Change

Pada beberapa sistem yang digunakan dalam operasi seperti mesin/peralatan, desain, prosedur kerja, bahan kimia, maupun personal yang terlibat, umumnya sering dilakukan perubahan yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Sebelum proses perubahan tersebut dilakukan, perlu dilakukan prosedur *Management of Change* (MOC) yang meliputi:

a. Dasar-dasar teknis yang mendasari usulan perubahan
b. Dampak perubahan terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)
c. Modifikasi prosedur pengoperasian
d. Persyaratan otorisasi untuk perubahan yang diusulkan
e. Waktu yang dibutuhkan untuk proses perubahan

Selain itu, industri/perusahaan juga wajib menginformasikan dan melakukan pelatihan untuk para pekerja terkait perubahan yang dilakukan sebelum

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

perubahan dilakukan. Prosedur MOC dilakukan untuk mengevaluasi kegiatan perubahan sehingga risiko yang berkaitan dengan K3L dapat dikontrol.

11. Incident Investigation

Apabila terjadi insiden/kecelakaan kerja pada perusahaan, maka perusahaan diwajibkan untuk melakukan penyelidikan pada insiden tersebut sesegera mungkin (dibawah 48 jam setelah insiden terjadi) untuk mengetahui faktor utama atau *rootcause* dari insiden tersebut. Investigasi harus dilakukan oleh tim profesional yang memiliki pengetahuan atau keahlian di dalam proses tempat kejadian insiden tersebut, termasuk pekerja kontrak yang terlibat serta pihak-pihak yang ahli dalam bidang tersebut. Kegagalan perusahaan dalam investigasi atau memperbaiki *rootcause* dapat menyebabkan terulangnya kecelakaan kerja dan dapat berakibat lebih parah. Pada akhir investigasi, laporan investigasi harus disusun yang minimal meliputi hal-hal sebagai berikut.

a. Tanggal kejadian
b. Tanggal investigasi dimulai
c. Deskripsi kejadian
d. Penyebab utama serta faktor-faktor yang berkontribusi pada terjadinya insiden
e. Rekomendasi dari hasil investigasi.

Setelah laporan investigasi selesai disusun, perusahaan harus melakukan tindak lanjut dari hasil rekomendasi yang telah dilakukan oleh tim investigasi sehingga pencegahan insiden/kecelakaan kerja yang sama dapat terhindarkan. Selain itu, seluruh pihak yang mengalami atau hampir mengalami dampak dari insiden wajib melakukan *review* dari laporan investigasi yang telah dilakukan untuk menentukan apakah investigasi lanjutan perlu dilakukan atau tidak. Dokumen investigasi tersebut perlu diarsipkan dan disimpan dalam jangka waktu minimum 5 tahun.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

12. Emergency Planning and Response

Walaupun seluruh upaya-upaya telah dilakukan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja ataupun insiden, namun kecelakaan kerja yang disebabkan karena gagalnya sistem dan desain (*system and design failure*) ataupun kesalahan personil yang menyebabkan terjadinya insiden masih dapat terjadi. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan perencanaan dan penyediaan tim tanggap darurat untuk meminimalisir efek yang ditimbulkan dari insiden tersebut. Perencanaan tanggap darurat atau *emergency planning* mencakup jalur dan tempat evakuasi, serta penyediaan pelatihan untuk seluruh pekerja dan kontraktor mengenai penggunaan alat pelindung diri, tindakan dalam menghadapi keadaan darurat, serta penanganan pertama dalam insiden sehingga pekerja dapat bertindak secara efektif ketika insiden terjadi.

13. Compliance Audits

Compliance audit perlu dilakukan oleh perusahaan setidaknya setiap tiga tahun untuk memastikan bahwa prosedur dan pelaksanaan program PSM telah sesuai, memadai, serta efektif. Proses audit atau peninjauan ulang dilakukan oleh pihak yang memiliki pengetahuan dan keahlian di bidang PSM untuk memastikan bahwa seluruh prosedur maupun standar telah dijalankan dan diikuti secara konsisten. Pada akhir audit, laporan audit harus mencakup mengenai penjelasan adanya penyimpangan yang ditemukan ketika pelaksanaan audit serta rekomendasi perbaikan yang harus dilakukan. Perusahaan wajib melaksanakan seluruh hasil rekomendasi audit yang dirasa sesuai agar pelaksanaan PSM tetap sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

14. Trade Secrets

Dalam penyusunan dan pelaksanaan program PSM, perusahaan harus menyediakan informasi yang berkaitan mengenai keselamatan untuk seluruh personil yang terlibat, mengembangkan analisis bahaya, membuat prosedur operasi,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

menyediakan perencanaan dan tanggap darurat, *compliance audit*, serta berpartisipasi dalam penyelidikan insiden. Dalam penyediaan informasi tersebut, sangat memungkinkan apabila rahasia perusahaan disertakan, namun organisasi dapat membuat kesepakatan untuk mencegah penyebarluasan rahasia tersebut.

Selain PSM, dalam penerapan sistem manajemen pengelolaan lingkungan di industri diperlukan suatu manajemen sistem yang disebut dengan *Environmental Management System* (EMS). EMS didasarkan dengan model *Plan, Do, Chect, Act* (PDCA) yang saling terhubung membentuk 17 elemen yang saling berkaitan satu sama lain. EMS bertujuan untuk mengurangi dampak buruk ke lingkungan, meningkatkan efisiensi proses, meningkatkan *image* industri ke publik, serta meningkatkan kesadaran mengenai isu dan tanggung jawab lingkungan. Tahapan EMS memastikan bahwa masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh industri dapat diidentifikasi, dikendalikan, dan dipantau secara sistematis dengan mengacu kepada standar ISO 14001. Berikut merupakan 17 elemen yang terdapat pada EMS.

1. *Environmental Policy*

   Environmental policy atau kebijakan lingkungan merupakan kebijakan perusahaan yang menunjukkan komitmennya terhadap lingkungan. Kebijakan ini merupakan fondasi utama EMS dan menjadi visi yang menyatukan seluruh bagian dari perusahaan mengenai kepedulian lingkungan. Setiap orang dalam perusahaan harus memahami kebijakan yang diterapkan untuk dapat mencapai tujuan dan target dari perusahaan. Kebijakan harus mencerminkan tiga hal, yaitu *continual improvement* (perbaikan yang terus-menerus), *pollution prevention* (pencegahan polusi), dan *compliance with relevant laws and regulations* (penyesuaian dengan hukum dan regulasi yang relevan).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2. *Identifying Environmental Aspects*

   Elemen *environmental aspect* merupakan elemen yang mengacu pada aktivitas, produk, atau kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan lingkungan. Untuk dapat merencenakan dan mengontrol efek kegiatan perusahaan terhadap lingkungan, maka perusahaan harus mengetahui *impact* yang disebabkan oleh prosesnya. Namun selain mengetahui *impact* tersebut, perusahaan juga harus mengetahui darimana *impact* tersebut berasal. Setelah perusahaan mengidentifikasi aspek lingkungan dari produk, aktivitas, ataupun jasa yang dilakukan perusahaan serta mengetahui *impactnya*, maka perusahaan perlu menentukan aspek yang paling memberikan efek yang paling besar terhadap lingkungan. Selain itu, aspek-aspek tersebut perlu didokumentasikan dalam bentuk tabulasi *hazard* seluruh bahan baku, proses, produk, serta limbah yang dihasilkan.

3. *Legal and Other Requirements*

   Dalam elemen ini, perusahaan harus mengidentifikasi serta mengomunikasikan hukum dan persyaratan terkait lingkungan yang berlaku di daerah tersebut maupun secara global serta memastikan bahwa hukum dan persyaratan tersebut diperhitungkan dalam upaya manajemen dan operasi perusahaan. Dengan begitu, perusahaan dapat menjalankan operasinya secara legal.

4. *Objectives and Targets*

   Dalam menjalankan manajemen lingkungan, perusahaan harus memiliki tujuan dan target untuk dapat mengubah rancangan manajemen tersebut dapat dihasilkan aksi atau program yang nyata dan mencapai tujuan serta target tersebut. Dalam menentukan tujuan, perusahaan harus mempertimbangkan kebijakan lingkungan, aspek lingkungan, hukum dan persyaratan yang berlaku, pandangan dari pihak yang berkepentingan, teknologi yang digunakan, keuangan, operasional, serta pertimbangan perusahaan lainnya.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5. *Environmental Management Programs*

   Setelah seluruh fondasi EMS (yang merupakan elemen perencanaan) dilaksanakan, maka untuk mencapai tujuan dan target yang telah ditetapkan, dibutuhkan suatu *action plan* yaitu *environmental management program*. Program-program tersebut merupakan implementasi dari konsep manajemen lingkungan yang telah dibentuk. Program tersebut harus mencakup tanggung jawab dalam mencapai target, bagaimana program tersebut dijalankan, serta jangka waktu pelaksanaan program. Selain itu program harus bersifat dinamis untuk mengatasi perubahan akibat adanya perubahan tujuan dan target, hukum dan persyaratan yang berlaku, perubahan produk, jasa, dan proses, serta lain sebagainya.

6. *Structure and Responsibility*

   Peran dan tanggung jawab dalam pelaksanaan pengelolaan lingkungan perlu ditentukan dan dikomunikasikan oleh perusahaan agar EMS dapat berjalan secara efektif. Adanya peran dan tanggung jawab yang ditetapkan pada individu dan kelompok dapat meningkatkan rasa tanggung jawab serta meningkatkan implementasi dari program pengelolaan lingkungan yang telah ditetapkan perusahaan. Selain itu, adanya peran dan tanggung jawab mengenai manajemen lingkungan juga dapat mengizinkan pihak yang bertanggungjawab untuk berdiskusi dalam memodifikasi EMS apabila dibutuhkan. Dengan begitu, tujuan serta target perusahaan dapat tercapai.

7. *Training, Awareness, and Competency*

   Elemen ini bertujuan untuk menyediakan pelatihan atau *training* mengenai manajemen lingkungan pada seluruh pekerja perusahaan. Pelatihan ini bertujuan untuk meningkatkan *awareness* setiap pekerja mengenai pentingnya manajemen lingkungan, kebijakan lingkungan, dampak lingkungan yang disebabkan karena pekerjaan, peran dan tanggung jawab masing-masing karyawan terhadap EMS, prosedur yang berlaku pada pekerjaan mereka, serta kaitan antara prosedur tersebut

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dengan persyaratan EMS. Para pekerja juga harus memahami konsekuensi dari tidak mengikuti persyaratan EMS (seperti terjadinya tumpahan, harus membayar denda, mendapatkan penalti, dan lain sebagainya). Sehingga dengan adanya *training*, dapat meningkatkan *awareness* serta kompetensi dari pekerja.

8. *Communications*

   Dalam menjalankan manajemen lingkungan, diperlukan komunikasi yang baik sehingga program manajemen lingkungan dapat berjalan dengan baik dan efektif. Selain itu komunikasi yang baik dapat meminimalisir permasalahan karena adanya miskomunikasi, memperoleh persetujuan mengenai rencana dan upaya yang telah dilakukan, dapat menjelaskan mengenai kebijakan lingkungan serta EMS, memastikan pemahaman mengenai masing-masing peran dan harapan terhadap program, serta dapat memantau dan mengevaluasi kinerja pekerja. Komunikasi yang baik dan efektif harus mencakup prosedur untuk komunikasi internal maupun komunikasi ke pihak eksternal.

9. *EMS Documentation*

   Salah satu elemen yang berfungsi untuk memastikan bahwa EMS telah dipahami dan dioperasikan dengan baik, maka diperlukan informasi yang cukup untuk pihak-pihak yang menjalankan pekerjaan tersebut. Selain itu, pihak eksternal juga membutuhkan pemahaman bagaimana EMS didesain dan diimplementasikan. Oleh karena itu, EMS perlu didokumentasikan dengan baik termasuk dokumen-dokumen lain yang dibutuhkan pada ISO 14001.

10. *Document Control*

    Elemen *document control* bertujuan untuk memastikan personel dapat bekerja dengan baik secara konsisten. Elemen ini berfungsi untuk menyediakan *tools* yang memadai dan sesuai sehingga dapat memastikan para pekerja melakukan pekerjaannya dengan *tools* yang benar. Perusahaan harus memiliki prosedur

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

document control yang digunakan dimana implementasi dari prosedur tersebut harus dapat memastikan dimana lokasi dokumen EMS tersebut, direview secara berlaku, penghapusan dokumen yang tidak lagi digunakan (telah digantikan dokumen lain).

11. *Operational Control*

    Operasi dan aktivitas perlu dikontrol untuk memastikan bahwa komitmen perusahaan terhadap kebijakan lingkungan serta agar tujuan serta target dapat tercapai. Pada operasi dan aktivitas yang kompleks dimana *impact* yang ditimbulkan pada lingkungan besar maka diperlukan dokumen prosedur pada proses kontrolnya. Prosedur tersebut berfungsi untuk mengendalikan aspek lingkungan, memastikan kesesuaian dengan regulasi, serta untuk mencapai tujuan mengenai aspek lingkungan. Contoh proses yang membutuhkan *operational control* adalah pengelolaan limbah karena memiliki *impact* pada lingkungan yang besar apabila prosesnya tidak dikontrol.

12. *Emergency Preparedness and Response*

    Dalam pelaksanaan EMS maupun PMS serta usaha maksimal dari perusahaan dalam menjalankan sistem tersebut, posibilitas dari *accident* serta kondisi darurat lainnya tetap ada. Oleh karena itu, identifikasi potensi kondisi darurat serta pengembangan/pemeliharaan prosedur untuk mencegah dan menangani kejadian darurat penting untuk dilakukan. Dengan melakukan hal tersebut, maka dapat meminimalisir cedera, mencegah atau meminimalisir dampak lingkungan, melindungi karyawan serta penduduk sekitar, mengurangi hilangnya aset, serta meminimalisir *downtime*. Dalam persiapan serta tanggapan terhadap kondisi darurat, dibutuhkan beberapa poin sebagai berikut:

    1. Melakukan *assessment* terkait potensi kecelakaan dan kondisi darurat yang dapat terjadi
    2. Program pencegahan insiden
    3. Rencana atau prosedur dalam menangani insiden

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4. Percobaan berkala mengenai rencana/prosedur kondisi darurat
5. Mitigasi *impact* yang diakibatkan dari insiden tersebut

13. *Monitoring and Measurement*

Kegiatan *monitoring* dan *measurement* merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mengevaluasi performa perusahaan, menganalisis *rootcause* dari permasalahan, menilai kesesuaian operasi industri dengan persyaratan hukum yang berlaku, mengidentifikasi area yang membutuhkan perbaikan, serta meningkatkan performa dan efisiensi perusahaan.

14. *Nonconformance and Corrective / Preventive Action*

Dalam menjalankan sistem manajemen lingkungan, dibutuhkan proses identifikasi, pengendalian, serta perbaikan terhadap masalah-masalah yang ditimbulkan. Masalah pada sistem manajemen lingkungan tersebut dapat diketahui setelah dijalankan audit, pengukuran, maupun aktivitas lainnya. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perusahaan perlu melalui proses identifikasi dan investigasi masalah, identifikasi *rootcause*, identifikasi solusi dari masalah tersebut dan diimplementasikan, serta dilakukan *tracking* untuk mengetahui apakah aksi yang telah dilakukan efektif atau tidak.

15. *Records*

Elemen *records* merupakan suatu bentuk bukti bahwa EMS telah berjalan dan diimplementasikan sesuai dengan rencana awal. Bukti tersebut disimpan dan dijaga dalam arsip EMS yang sewaktu-waktu dapat dibutuhkan oleh pihak eksternal. *Records* ini juga dapat menjadi referensi dalam evaluasi serta membantu proses identifikasi solusi atas permasalahan yang terjadi.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

16. EMS *Auditing*

Audit EMS merupakan proses verifikasi atau pengecekan memastikan bahwa implementasi EMS telah berjalan dengan baik. Proses audit dilakukan secara berkala dimana apabila terdapat kekurangan, maka dapat dilakukan diskusi untuk menemukan solusi dari kekurangan implementasi tersebut. *Finding* dari kekurangan tersebut merupakan kesempatan yang baik untuk perusahaan menjaga lingkungan, meningkatkan EMS dan performanya, serta memastikan bahwa sistem efektif dalam segi biaya.

17. *Management Review*

Manajemen berhak serta bertanggung jawab untuk melakukan *review* EMS secara berkala sebagai salah satu bentuk perbaikan terus menerus (*continuous improvement*) serta memastikan bahwa EMS dapat memenuhi kebutuhan perusahaan setiap waktu secara efisien dan hemat biaya. Dalam melakukan *review*, manajemen perlu mempertimbangkan hasil audit, rekomendasi internal, komunikasi eksternal, dan lain sebagainya.

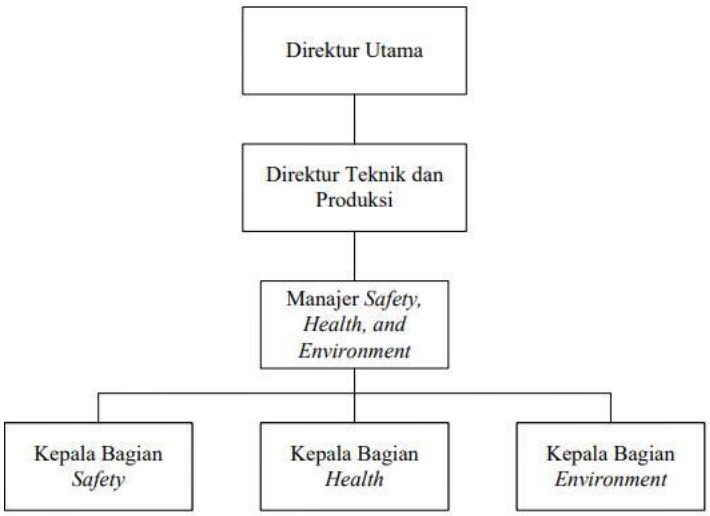
10.2. Struktur Organisasi Manajemen SHE

Pabrik Sodium Lignosulfonat direncanakan memiliki bentuk perusahaan PT (Perseroan Terbatas). Perseroan terbatas adalah suatu badan usaha yang dilindungi oleh hukum dimana usaha tersebut dijalankan dengan modal berupa saham yang ditanamkan oleh para investor. Saham tersebut dapat diperjualbelikan sesuai dengan kesepakatan. Pada umumnya, pemegang saham terbesar dianggap sebagai pemilik perusahaan tersebut.

Dalam struktur organisasi Perseroan Terbatas, pemegang kekuasaan tertinggi dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pelaksanaan RUPS dilakukan minimal satu kali dalam setahun dan dapat dilakukan secara mendadak apabila terdapat suatu urusan mendadak yang perlu penyelesaian secara segera. Rapat Umum

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pemegang Saham dihadiri oleh pemilik saham, dewan komisaris, serta direktur perusahaan. Beberapa tugas dan wewenang dari RUPS adalah menentukan kebijakan tertinggi perusahaan, menentukan misi dan garis besar Haluan perusahaan, serta mengangkat dewan komisaris dan dewan direksi. Dewan komisaris merupakan pemegang saham yang memiliki tugas untuk menentukan garis besar kebijakan perusahaan, serta melakukan pembinaan serta pengawasan direktur utama. Dewan direksi terdiri atas direktur utama, direktur keuangan, direktur umum, serta direktur operasi dan produksi. Setiap direktur dibantu oleh *general manager* atau kepala departemen yang membawahi *manager* atau kepala divisi/area. Berikut merupakan struktur organisasi dari Pabrik Sodium Lignosulfonat.



Gambar 11. Struktur Organisasi Industri

Salah satu departemen yang memegang peranan penting dalam industri adalah Departemen *Safety, Health, and Environment* (SHE) yang dibawahi oleh Direktur Teknik dan Produksi yang bertanggung jawab dalam menangani aspek keselamatan, kesehatan kerja, serta lingkungan di area pabrik. Terdapat tiga divisi pada Departemen SHE, yaitu:

1. Divisi *Safety*

   Divisi *safety* bertujuan untuk melakukan perencanaan, pelaksanaan, serta pengawasan aktivitas ataupun program yang berkaitan dengan *safety* atau

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

keselamatan kerja dalam lingkup operasional pabrik. Divisi *safety* bertanggung jawab untuk memastikan operasional pabrik aman baik dari segi bahan baku, produk, peralatan, *layout*, maupun proses produksinya. Divisi *safety* juga perlu memberikan rekomendasi yang dapat meningkatkan *improvement* dari aspek *safety* pada pelaksanaan operasional di industri sebagai bentuk *continuous improvement*.

2. Divisi *Health*

   Divisi *health* bertujuan untuk memastikan bahwa perilaku kerja dari para karyawan telah memenuhi standar keamanan yang telah ditetapkan dengan melakukan pengawasan dan evaluasi kerja setiap karyawan. Dalam upayanya untuk meningkatkan kesehatan kerja, divisi *health* juga bertugas untuk melakukan *training safety* dan *hazard* serta membuat kebijakan atau standar terkait kesehatan dan keselamatan para karyawan. Divisi ini juga membawahi bidang medis dan pemadam kebakaran yang bertujuan sebagai bentuk penanganan insiden.

3. Divisi *Environmental*

   Divisi *environmental* bertugas untuk mengidentifikasi, mengawasi, serta mengelola seluruh limbah yang dihasilkan oleh pabrik baik dalam fasa gas, padat, ataupun cair. Divisi ini bertanggung jawab untuk mengatasi permasalahan mengenai kebocoran limbah, pengurangan dampak limbah, serta memastikan bahwa limbah yang dihasilkan telah memenuhi baku mutu lingkungan.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

10.3. Identifikasi *Hazard* Bahan Proses & Utilitas

Tabel *47***.** Identifikasi *Hazard* Bahan

No	Komponen	*Hazard*							Keterangan		Pengelolaan
		Explosive	*Flammable*	*Toxic*	*Corrosive*	*Irritant*	*Oxidizing*	*Radioactive*			
Bahan Baku Proses											
1	Etanol (C_2H_5OH) 70% v/v 	-	√	-	√	√	-	-	1. 2. *Liquid* Iritan terhadap kulit, mata, dan saluran pernafasan. Toksik untuk sistem reproduksi, hati, darah, kulit, dan syaraf.	1.	Disimpan ditempat sejuk dengan suhu dibawah 23ºC dan tertutup, jauhkan dari panas dan percikan api
									3. *Flammable* Auto-ignition : 363ºC Flash point : 12,78ºC (*closed cup*) 17,78ºC (*open cup*) LFL : 3,3% UFL : 19%	2.	Gunakan respirator dalam penanganannya
									4. Reaktif terhadap bahan yang bersifat asam, basa, dan *oxidizing agents*.		
2	Natrium Hidroksida (NaOH)	-	-	-	√	√	√	-	1. 2. *Solid* Bersifat korosif dan iritan apabila kontak dengan mata, kulit, saluran pencernaan dan saluran pernafasan apabila terhirup	1.	Disimpan di tempat kering, tertutup, dan sejuk. Jauhkan dari kontak dengan metal dan kelembaban
									3. Permeator		
									4. Higroskopis		

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponen	*Hazard*							Keterangan		Pengelolaan	
		Explosive	***Flammable***	***Toxic***	***Corrosive***	***Irritant***	***Oxidizing***	***Radioactive***				
									5.	Reaktif terhadap logam, bahan yang bersifat asam, basa, kelembaban, dan *oxidizing agents*		
3	Air 	-	-	-	-	-	-	-	1. 2.	*Liquid* Tidak berbahaya	1.	Tidak membutuhkan penanganan khusus
4	Asam Sulfat (H_2SO_4) 37% v/v 	-	-	-	√	√	√	-	1.	*Liquid*	1.	Disimpan di tempat kering, tertutup, dan sejuk. Suhu penyimpanan tidak boleh diatas 23ºC
									2.	Bersifat korosif dan iritan apabila kontak dengan mata, kulit, saluran pencernaan dan saluran pernafasan apabila terhirup	2.	Menggunakan *vapor respirator* dalam penanganannya
									3.	Karsinogenik	3.	Menjauhkan kontak dengan aluminium, tembaga, *stainless steel* (316 dan 304)
									4.	Higroskopis		

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponen	*Hazard*							Keterangan		Pengelolaan	
		Explosive	***Flammable***	***Toxic***	***Corrosive***	***Irritant***	***Oxidizing***	***Radioactive***				
									5.	*Strong Oxidizer*. Bereaksi hebat dengan air apabila air ditambahkan pada bahan		
									6.	Reaktif terhadap logam, bahan organik, bahan yang bersifat asam, basa, kelembaban, *oxidizing agents*		
5	Metanol (CH_3OH) 95% 	-	√	√	-	√	-	-	1. 2.	*Liquid* Iritan terhadap kulit dan mata. Toksik untuk mata	1.	Disimpan di tempat kering, tertutup, dan sejuk. Jauhkan dari panas, sumber api, dan metal
									3.	Bersifat toksik untuk mata	2.	Menggunakan vapor respirator dalam penanganannya
									4.	*Flammable* Auto-ignition : 464ºC Flash point : 12ºC (*closed cup*) 16ºC (*open cup*) LFL : 6% UFL : 36,5%		
									5.	Reaktif terhadap metal, asam, dan *oxidizing agents*		
6		-	-	-	-	√	-	-	1.	*Solid*	1.	Disimpan di tempat sejuk dan tertutup.

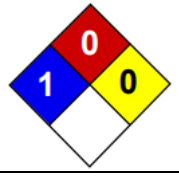
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponen	*Hazard*							Keterangan		Pengelolaan	
		Explosive	*Flammable*	*Toxic*	*Corrosive*	*Irritant*	*Oxidizing*	*Radioactive*				
	Natrium Bisulfit ($NaHSO_3$) 								2. 3.	Bersifat iritan apabila mengalami kontak dengan kulit, mata, saluran pernafasan, dan saluran pencernaan Reaktif terhadap asam dan *oxidizing agents*		
Produk Utama												
7	Sodium Lignosulfonat (SLS)	-	-	-	-	-	-	-	1. 2.	*Solid* Tidak berbahaya	1.	Disimpan di tempat kering, tertutup, dan sejuk. Suhu proses sebaiknya tidak di atas 200ºC
Produk Samping												
8	*Unbleached Pulp*	-	-	-	-	-	-	-	1. 2.	*Solid* Tidak berbahaya	1.	Disimpan di tempat kering, tertutup, dijauhkan dari sumber api.
Bahan Baku Utilitas												
9	Alumunium Sulfat 10%wt ($Al_2(SO_4)_3$)	-	-	-	-	√	-	-	1. 2.	*Liquid* Bersifat iritan apabila mengalami kontak dengan	1.	Disimpan di tempat sejuk dan tertutup

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponen	*Hazard*							Keterangan		Pengelolaan	
		Explosive	*Flammable*	*Toxic*	*Corrosive*	*Irritant*	*Oxidizing*	*Radioactive*				
										kulit, mata, dan saluran pencernaan		
									3.	Reaktif terhadap *oxidizing agents*		
10	Kaporit ($Ca(ClO)_2$) 	-	-	-	√	√	√	-	1. 2.	*Liquid* Bersifat iritan apabila mengalami kontak dengan kulit, mata, saluran pernafasan, dan saluran pencernaan	1.	Disimpan di tempat kering, tertutup, dan sejuk. Jauhkan dari panas, sumber api, dan metal
									3.	Bersifat korosif untuk mata dan kulit		
									4.	Reaktif terhadap bahan yang bersifat asam, bahan organik, dan kelembaban.		
11	Asam Klorida (HCl) 5% 	-	-	-	√	√	-	-	1.	*Liquid*	1.	Disimpan di tempat kering, tertutup, dan sejuk.
									2.	Bersifat korosif dan iritan apabila kontak dengan mata, kulit, dan saluran pernafasan apabila terhirup		
									3.	*Permeator*	2.	Proses pengenceran dilakukan dengan menambahkan asam ke air
									4.	Reaktif terhadap logam		
12		-	-	-	-	√	-	-	1.	*Solid*	1.	

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponen	*Hazard*							Keterangan		Pengelolaan	
		Explosive	***Flammable***	***Toxic***	***Corrosive***	***Irritant***	***Oxidizing***	***Radioactive***				
	Sodium Sulfite (Na_2SO_3) 								2. 3.	Reaktif terhadap *oxidizing agents*, material organik, dan asam Korosif terhadap aluminium, zink, dan tembaga.		Disimpan di tempat yang kering, tertutup, dan sejuk.
13	Karbon Aktif 	-	-	-	-	√	-	-	1. 2.	*Solid* Bersifat iritan apabila mengalami kontak dengan kulit dan mata	1.	Disimpan di tempat sejuk dan tertutup.
14	*Fuel Oil* 	-	√	-	-	√	-	-	1. 2. 3. 4.	*Liquid* Bersifat iritan apabila mengalami kontak dengan kulit dan saluran pernafasan *Flammable* Auto-ignition : 250-537ºC Flash point : >60ºC (*closed cup*) LFL : 0,5% UFL : 5% Reaktif terhadap oxidizing agents	1.	Disimpan di tempat kering, tertutup, dan sejuk. Jauhkan dari panas, dan sumber api

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponen	*Hazard*							Keterangan		Pengelolaan	
		Explosive	***Flammable***	***Toxic***	***Corrosive***	***Irritant***	***Oxidizing***	***Radioactive***				
15	*Natural Gas* 	-	√	-	-	-	-	-	1. 2.	*Liquid* *Flammable* Auto-ignition : 537ºC Flash point : -184ºC LFL : 2% UFL : 10%	1.	Disimpan di tempat kering, tertutup, dan sejuk. Jauhkan dari panas, sinar matahari langsung, dan sumber api
									3.	Reaktif terhadap asam, klorin, halogen, dan *oxidizing agents*		

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

10.4. Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia

No	Komponen	*Hazard*							Keterangan		Penanganan Umum	
		Kanker	Kerusakan Paru-paru	Kerusakan Ginjal	Kerusakan Organ Lain	Mutasi Gen	Iritasi	Beracun				
Bahan Baku Proses												
1	Etanol (C_2H_5OH) 70% v/v	-	-	-	√	√	√	-	1. 2.	TWA-PEL: 1900 (mg/m^3) LD50 [Mouse] : 3450 mg/kg	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, lab coat/full suit, serta *vapor respirator* selama penanganan bahan
2	Natrium Hidroksida (NaOH)	-	√	-	-	√	√	-	1.	TLV-STEL : 2 mg/m3	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, lab coat/full suit, serta *vapor and dust respirator* selama penanganan bahan
3	Air	-	-	-	-	-	-	-	1.	Tidak Berbahaya	1.	Pekerja harus menggunakan *safety glasses* atau *goggles, dan* lab coat/full suit
4	Asam Sulfat (H_2SO_4) 37% v/v	√	-	-	-	-	√	-	1. 2.	TLV-TWA : 1 mg/m3 LD50 [Rat] : 2140 mg/kg	1.	Pekerja harus menggunakan *face shield*, full suit, serta *vapor respirator*

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

												selama penanganan bahan
5	Metanol (CH_3OH) 95%	-	-	-	√	√	√	-	1. 2.	TLV-TWA : 200 ppm LD50 [Rat] : 5628 mg/kg	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, full suit, boots, gloves serta *vapor respirator* selama penanganan bahan
6	Natrium Bisulfit ($NaHSO_3$)	-	-	-	-	-	-	-	1. 2.	TLV-TWA : 5 mg/m3 LD50 [Rat] : 2000 mg/kg	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, full suit, boots, gloves serta dust *respirator* selama penanganan bahan
Produk Utama												
7	Sodium Lignosulfonat (SLS)	-	-	-	-	-	-	-	1.	Tidak Berbahaya	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, *masker*, full suit, boots, dan gloves selama penanganan bahan
Bahan Baku Utilitas												
8	Alumunium Sulfat 10%wt ($Al_2(SO_4)_3$)	-	√	-	-	-	-	-	1. 2.	TLV-TWA : 2 mg (Al)/m LD50 [Rat] : 6307 mg/kg	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, full suit, boots, gloves serta dust *respirator* selama penanganan bahan

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

9	Kaporit ($Ca(ClO)_2$)	-	√	-	√	-	√	√	1.	LD50 [Rat] : 850 mg/kg	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, full suit, boots, gloves serta dust *respirator* selama penanganan bahan
10	Asam Klorida (HCl) 5%	-	√	√	√	-	√	-	1. 2.	TLV-STEL : 7,5 mg/m^3 LC_{50} [Rat] : 4701 ppm dalam 0,5 jam	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, full suit, boots, gloves serta dust *respirator* selama penanganan bahan
11	Sodium Sulfite (Na_2SO_3)	-	-	-	-	√	√	√	1.	LD50 [Mouse] : 820 mg/kg	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, full suit, boots, gloves serta dust *respirator* selama penanganan bahan
12	Karbon Aktif	-	-	-	-	-	√	-	1.	Dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, full suit, serta gloves selama penanganan bahan
13	*Fuel Oil*	-	-	-	-	-	√	-	1. 2.	TLV-TWA : 0,2 mg/m3 LD50 [Rat] : 4320 mg/kg	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, full suit, boots, gloves serta *respirator* selama penanganan bahan
14	*Natural Gas*	-	-	-	-	-	-	-	1.	*TLV-TWA : 1000 ppm*	1.	Pekerja harus menggunakan *goggles*, full suit, boots, gloves serta *respirator* selama penanganan bahan

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

10.5. Identifikasi Peralatan dalam Pabrik

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
Alat Proses									
1	Gudang Penyimpanan (GP-101)	-	-	-	√	-	√	• P = 1 atm; T = 30ºC • TKKS disusun di dalam gudang yang memiliki ketinggian 20 m	-
2	Silo NaOH (TK-101)	-	-	-	√	√	√	• P = 1 atm; T = 30ºC • Tinggi silo mencapai 2,67 m • Berisi NaOH yang bersifat iritan, permeator, higroskopis, dan korosif.	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketersediaan NaOH dalam silo dan memastikan jadwal pengisian.
3	Silo $NaHSO_3$ (TK-102)	-	-	-	√	-	√	• P = 1 atm; T = 30ºC • Tinggi silo mencapai 24,63 m	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketersediaan $NaHSO_3$ dalam

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									silo dan memastikan jadwal pengisian.
4	Silo SLS (TK-103)	-	-	-	√	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Tinggi silo mencapai 19,51 m	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketersediaan SLS dalam silo dan memastikan jadwal pengisian.
5	Tangki Penyimpanan Air (TK-104)	-	-	-	√	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Tinggi tangki mencapai 14,65 m	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketersediaan air dalam tangki dan memastikan jadwal pengisian. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									penyok akibat dari pengosongan tangki.
6	Tangki Penyimpanan Etanol 70% (TK-105)	-	-	-	√	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Tinggi tangki mencapai 9,36 m	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketersediaan etanol dalam tangki dan memastikan jadwal pengisian. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
7	Tangki Penyimpanan Asam Sulfat 37%	-	-	-	√	√	√	• P = 1 atm; T = 25^{o}C • Tinggi tangki mencapai 7,12 m	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketersediaan asam sulfat

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
	(TK-106)							• Berisi asam sulfat yang bersifat korosif.	dalam tangki dan memastikan jadwal pengisian. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
8	Tangki Penyimpanan Air (TK-107)	-	-	-	√	-	√	• P = 1 atm; T = 25^{o}C • Tinggi tangki mencapai 19,46 m	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketersediaan air dalam tangki dan memastikan jadwal pengisian. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
9	Tangki Penyimpanan Metanol 95% (TK-108)	-	-	-	√	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Tinggi tangki mencapai 16,89 m	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketersediaan metanol dalam tangki dan memastikan jadwal pengisian. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
10	*Wood Chipper* (CH-101)	-	-	√	-	-	-	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Terdapat bilah pisau pada *disc* yang berputar.	• Dilengkapi dengan sistem *emergency shutdown* sehingga alat dapat dimatikan secara otomatis apabila terdapat sesuatu selain dari bahan proses yang masuk ke dalam *chipper*.
11	*Belt Conveyor* (BC-101)	-	-	√	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Terdapat motor penggerak *belt conveyor* yang berputar.	• Dilengkapi dengan *weight indicator* untuk memantau beban pengangkutan dan mencegah *overloading*.
12	*Belt Conveyor* (BC-102)	-	-	√	√	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Terdapat motor penggerak *belt conveyor* yang berputar.	• Dilengkapi dengan *weight indicator* untuk memantau beban pengangkutan dan mencegah *overloading*.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								• Elevasi 6 m	
13	*Belt Conveyor* (BC-103)	-	-	√	√	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Terdapat motor penggerak *belt conveyor* yang berputar. • Elevasi 4 m	• Dilengkapi dengan *weight indicator* untuk memantau beban pengangkutan dan mencegah *overloading.*
14	*Screw Conveyor* (SC-101)	-	-	√	√	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • *Screw conveyor* bekerja dengan memutar poros sehingga akan berotasi. • Elevasi 5,50 m	• Dilengkapi dengan *weight indicator* untuk memantau beban pengangkutan dan mencegah
15	*Screw Conveyor* (SC-102)	-	-	√	√	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • *Screw conveyor* bekerja dengan memutar poros sehingga akan berotasi. • Elevasi 4,50 m	• Dilengkapi dengan *weight indicator* untuk memantau beban pengangkutan dan mencegah

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
16	*Pre-heater* Reaktor Delignifikasi (E-101)	√	√	-	-	√	√	• Fluida panas (*Saturated steam*; P = 27,63 atm; T_{in} = 230^{o}C) • Fluida dingin (Campuran TKKS; P = 15 atm; T_{in} = 30^{o}C) • Berisi NaOH yang bersifat iritan, permeator, higroskopis, dan korosif.	• Dilengkapi dengan *temperature controller* untuk menjaga suhu campuran TKKS (fluida dingin) keluar *pre-heating* tetap berada suhu targetnya.
17	*Pre-heater* Larutan Bisulfit (E-102)	√	√	-	-	-	√	• Fluida panas (*Saturated steam*; P = 1,96 atm; T_{in} = 120^{o}C) • Fluida dingin (Larutan bisulfit; P = 1 atm; T_{in} = 30^{o}C)	• Dilengkapi dengan *temperature controller* untuk menjaga suhu larutan bisulfit (fluida dingin) keluar *pre-heating* tetap berada suhu targetnya.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
18	*Cooler* Larutan SLS (E-103)	-	√	-	-	-	√	• Fluida dingin (Air; P = 1 atm; T_{in} = 30^{o}C) • Fluida panas (Larutan SLS; P = 1 atm; T_{in} = 97^{o}C)	• Dilengkapi dengan *temperature controller* untuk menjaga suhu larutan SLS (fluida panas) keluar *pre-heating* tetap berada suhu targetnya.
19	*Pre-heater* Larutan SLS (E-101)	√	√	-	-	-	√	• Fluida panas (*Saturated steam*; P = 1,96 atm; T_{in} = 120^{o}C) • Fluida dingin (Campuran TKKS; P = 1 atm; T_{in} = 76,58^{o}C)	• Dilengkapi dengan *temperature controller* untuk menjaga suhu larutan SLS (fluida dingin) keluar *pre-heating* tetap berada suhu targetnya.
20	Evaporator (EVA-101)	√	√	-	-	-	√	• Fluida panas (*Saturated steam*; P = 1,96 atm; T_{in} = 120^{o}C)	• Dilengkapi dengan *flow controller* di bagian aliran *input* untuk mengatur aliran masuk.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								• Fluida dingin (Campuran TKKS; P = 1 atm; T_{in} = 76,58^{o}C)	• Dilengkapi dengan sistem pemvakuman berupa *surface condenser* dan *ejector* di *effect* terakhir. • Dilengkapi dengan *temperature controller* di aliran *output* untuk mengatur jumlah *steam* yang diperlukan agar menghasilkan kondisi produk yang diinginkan. • Dilengkapi dengan *level controller* untuk mengatur *level* cairan di dalam *effect*.
21	Reaktor Delignifikasi	√	√	√	-	√	√	• P = 11 atm; T = 170^{o}C	• Dilengkapi dengan pemanas mantel untuk menjaga suhu

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
	(R-101)							• Pengaduk bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan berotasi. • Berisi NaOH yang bersifat iritan, permeator, higroskopis, dan korosif.	di dalam reaktor tetap berada di suhu reaksinya. • Dilapisi dengan isolator untuk mencegah panas fluida keluar ke lingkungan. • Dilengkapi dengan *pressure relief valve* untuk mencegah *overpressure* akibat pembentukan gas yang berlebih.
22	Reaktor Sulfonasi (R-102)	-	√	√	-	-	√	• P = 1 atm; T = 97^{o}C • Pengaduk bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan berotasi.	• Dilengkapi dengan pemanas mantel untuk menjaga suhu di dalam reaktor tetap berada di suhu reaksinya.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									• Dilapisi dengan isolator untuk mencegah panas fluida keluar ke lingkungan. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
23	*Flash Tank* (FT-101)	-	v	-	-	-	-	• P = 1 atm; T = 93,04^{o}C	-
24	*Solution Mixer* (V-101)	-	-	√	-	√	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Pengaduk bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan berotasi.	• Dilengkapi dengan *hopper* untuk *loading* padatan NaOH.

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								• Berisi NaOH yang bersifat iritan, permeator, higroskopis, dan korosif.	• Dilengkapi dengan *ratio controller* untuk menjaga konsentrasi larutan NaOH. • Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketinggian cairan agar tidak kosong/*overflow*. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
25	*Pre-Reactor Mixer* (V-102)	-	-	√	-	√	√	• P = 1 atm; T = 30ºC • Pengaduk bekerja dengan memutar poros	• Dilengkapi dengan *hopper* untuk *loading* padatan chip TKKS.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								menggunakan motor sehingga akan berotasi. • Berisi NaOH yang bersifat iritan, permeator, higroskopis, dan korosif.	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketinggian cairan agar tidak kosong/*overflow*. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
26	*Precipitation Mixer* (V-103)	-	√	√	-	√	√	• P = 1 atm; T = 93,04ºC • Pengaduk bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan berotasi.	• Dilengkapi dengan *ratio controller* untuk menjaga konsentrasi larutan NaOH. • Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								• Berisi asam sulfat yang bersifat iritan, permeator, higroskopis, dan korosif.	ketinggian cairan agar tidak kosong/*overflow*. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
27	*Solution Mixer* (V-104)	-	-	√	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Pengaduk bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan berotasi.	• Dilengkapi dengan *hopper* untuk *loading* padatan natrium bisulfit ($NaHCO_3$). • Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketinggian cairan agar tidak kosong/*overflow*.

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									• Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
28	*Methanol Mixer* (V-105)	-	√	√	-	-	√	• P = 1 atm; T = 78,67°C • Pengaduk bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan berotasi.	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketinggian cairan agar tidak kosong/*overflow*. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
29	*Rotary Drum Vacuum Filter* 1 (RDVF-101)	√	√	√	-	-	√	• P = 0,43 atm; T = 93,04^{o}C • Filter bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan berotasi.	-
30	*Rotary Drum Vacuum Filter* 2 (RDVF-102)	√	√	√	-	-	√	• P = 0,43 atm; T = 86,44^{o}C • Filter bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan berotasi.	-
31	*Rotary Drum Vacuum Filter* 3 (RDVF-103)	√	√	√	-	-	√	• P = 0,60 atm; T = 97^{o}C • Filter bekerja dengan memutar poros	-

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	**Suhu**	**Putaran**	**Elevasi**	**Komposisi**	**Kuantitas Bahan**		
								menggunakan motor sehingga akan berotasi.	
32	*Rotary Drum Vacuum Filter* 4 (RDVF-104)	√	√	√	-	-	√	• P = 0,67 atm; T = 78,65^{o}C • Filter bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan berotasi.	-
33	*Spray Dryer* (SD-101)	√	√	-	-	-	-	• P = 0,67 atm; T = 93,04^{o}C	-
34	Pompa 1 (P-101)	-	-	√	-	-	-	• $P_{in} = P_{out}$ = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *ratio controller* untuk mengatur konsentrasi di V-101.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								sehingga akan memutar baling-baling.	
35	Pompa 2 (P-102)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *ratio controller* untuk mengatur konsentrasi di V-101.
36	Pompa 3 (P-103)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30,50^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *input* pompa yang terintegrasi dengan *level controller* untuk mengatur ketinggian cairan di V-101.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
37	Pompa 4 (P-104)	√	-	√	-	-	-	• P_{in} = 1 atm; P_{out} = 11 atm; T = 30,50^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *input* pompa yang terintegrasi dengan *level controller* untuk mengatur ketinggian cairan di V-102.
38	Pompa 5 (P-105)	-	√	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 93,04^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *ratio controller* untuk mengatur konsentrasi di V-103.
41	Pompa 6 (P-106)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 25^{o}C	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								• Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	terintegrasi dengan *ratio controller* untuk mengatur konsentrasi di V-103.
	Pompa 7 (P-107)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *ratio controller* untuk mengatur konsentrasi di V-104.
45	Pompa 8 (P-108)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *ratio*

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	*controller* untuk mengatur konsentrasi di R-102.
47	Pompa 9 (P-109)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *ratio controller* untuk mengatur konsentrasi di V-105.
48	Pompa 10 (P-110)	-	√	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 97^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *ratio controller* untuk mengatur konsentrasi di V-105.

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								sehingga akan memutar baling-baling.	
50	Pompa 11 (P-111)	-	√	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 76,67^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* yang diintegrasi dengan *flow controller* untuk mengatur aliran masuk EVA-101.
51	Pompa 12 (P-112)	-	√	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 181,78^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *input* pompa yang terintegrasi dengan *level controller* untuk mengatur ketinggian cairan di EVA-101.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
Peralatan Utilitas									
53	*Screener* (SC-501)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C • Pembersihan dilakukan secara otomatis dengan *mechanical cleaning*.	• Dilakukan pengecekan secara berkala untuk memastikan *screener* berjalan dengan baik.
54	Bak Ekualisasi (B-501)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	-
55	Bak Sedimentasi (B-502)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *flow controller* untuk menjaga debit air masuk.
56	*Mixer* (M-501)	-	-	√	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *level controller* untuk mengontrol ketinggian cairan di dalam *mixer*. • Dilengkapi dengan *ratio indicator* untuk memantau

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									dosis koagulan yang dibutuhkan. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
57	*Clarifier* (CF-501)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *ratio indicator* untuk memantau dosis koagulan yang dibutuhkan.
58	*Sand Filter* (F-501)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *pressure indicator* untuk memastikan waktu *maintenance*.

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
59	*Carbon Bed Filter* (F-502)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilakukan *sampling* terhadap air yang terolah untuk meninjau efisiensi karbon filter dan menenrukan waktu penggantian karbon.
60	*Filtered Water Tank* (T-501)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketinggian cairan agar tidak kosong/*overflow*. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
61	*Mixer* Desinfeksi (M-502)	-	-	√	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *level controller* untuk mengontrol ketinggian cairan di dalam *mixer*. • Dilengkapi dengan *ratio indicator* untuk memantau dosis kaporit yang dibutuhkan. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
62	Tangki Air Umum (T-502)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									ketinggian cairan di dalam tangki. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
63	Tangki Air Proses (T-503)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketinggian cairan di dalam tangki. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									penyok akibat dari pengosongan tangki.
64	Tangki Air Umpan *Boiler* (T-504)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketinggian cairan di dalam tangki. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
65	*Cation Exchanger* (F-503)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *conductivity indicator* untuk mengetahui jumlah ion dalam air

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									• Dilengkapi dengan *flow controller* untuk mengatur jumlah cairan yang masuk.
66	*Anion Exchanger* (F-504)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *conductivity indicator* untuk mengetahui jumlah ion dalam air • Dilengkapi dengan *flow controller* untuk mengatur jumlah cairan yang masuk..
67	*Deaerator* (D-501)	√	√	-	-	-	√	• P = 2 atm; T = 120,01^{o}C	• Dilengkapi dengan *level controller* untuk mengontrol ketinggian cairan di dalam *deaerator*.

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									• Dilengkapi dengan *ratio controller* untuk mengatur dosis *hydrazine* masuk.
68	*Boiler* (B-501)	√	√	-	-	-	√	• P = 84,84 atm; T = 300^{o}C	• Dilengkapi dengan *temperature controller* untuk mengatur suhu *boiler* yang dihubungkan dengan arus bahan bakar. • Dilengkapi dengan *pressure controller* untuk mengatur tekanan sistem yang dihubungkan dengan *valve output steam*. • Dilengkapi dengan *rasio controller* untuk mengatur rasio *fuel gas* dan udara.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									• Dilengkapi dengan *concentration controller* untuk mengatur TSS pada *boiler* yang dihubungkan dengan *valve blowdown*. • Dilengkapi dengan *pressure relief device* untuk mengangani kemungkinan *overpressure*.
69	Tangki Kondensat (T-506)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketinggian cairan di dalam tangki. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure*

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									disaat pengisian bahan dan penyok akibat dari pengosongan tangki.
70	*Hot Basin* (HB-502)	-	-	-	-	-	√	• P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketinggian cairan di dalam basin.
71	*Cold Basin* (CB-501)	√	√	-	-	-	√	• P = 1,96 atm; T = 120,01^{o}C	• Dilengkapi dengan *level indicator* untuk memantau ketinggian cairan di dalam tangki. • Dilengkapi dengan *venting valve* untuk melindungi tangki dari *overpressure* disaat pengisian bahan dan

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
									penyok akibat dari pengosongan tangki.
72	*Cooling Tower* (CT-501)	-	-	-	-	-	√	Inlet • P = 1 atm; T = 40^{o}C Outlet • P = 1 atm; T = 30^{o}C	• Dilengkapi dengan *temperature controller* untuk mengatur suhu keluar *cooling tower* yang dihubungkan dengan fan.
73	Pompa Utilitas 1 (PU-501)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	-
74	Pompa Utilitas 2 (PU-502)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C	-

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								• Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	
75	Pompa Utilitas 3 (PU-503)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *input* pompa yang terintegrasi dengan *level controller* untuk mengatur ketinggian cairan di B-501.
76	Pompa Utilitas 4 (PU-504)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *ratio*

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	*controller* untuk mengatur konsentrasi di M-501.
77	Pompa Utilitas 5 (PU-505)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *input* pompa yang terintegrasi dengan *level controller* untuk mengatur ketinggian cairan di M-501.
78	Pompa Utilitas 6 (PU-506)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *flow controller* untuk mengatur laju alir.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								sehingga akan memutar baling-baling.	
79	Pompa Utilitas 7 (PU-507)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *flow controller* untuk mengatur laju alir.
80	Pompa Utilitas 8 (PU-508)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	-

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
81	Pompa Utilitas 9 (PU-509)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30ºC • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *ratio controller* untuk mengatur konsentrasi di M-502.
82	Pompa Utilitas 10 (PU-510)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30ºC • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	-
83	Pompa Utilitas 11 (PU-511)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 40ºC	-

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								• Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	
84	Pompa Utilitas 12 (PU-512)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 40^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	-
85	Pompa Utilitas 13 (PU-513)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C	-

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								• Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	
86	Pompa Utilitas 14 (PU-514)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *flow controller* untuk mengatur laju alir.
87	Pompa Utilitas 15 (PU-515)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros	-

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	
88	Pompa Utilitas 16 (PU-516)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *level controller* untuk mengatur ketinggian cairan di CB-501.
89	Pompa Utilitas 17 (PU-517)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *flow controller* untuk mengatur laju alir.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								sehingga akan memutar baling-baling.	
90	Pompa Utilitas 18 (PU-518)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	-
91	Pompa Utilitas 19 (PU-519)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *flow controller* untuk mengatur laju alir.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
92	Pompa Utilitas 20 (PU-520)	-	-	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 30^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang terintegrasi dengan *flow controller* untuk mengatur laju alir.
93	Pompa Utilitas 21 (PU-521)	-	√	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 120.01^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	-
94	Pompa Utilitas 22 (PU-522)	-	√	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 113.44^{o}C	• Dilengkapi dengan *valve* di aliran *output* pompa yang

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No	Komponeen	*Hazard*						Keterangan	Pengelolaan
		Tekanan	Suhu	Putaran	Elevasi	Komposisi	Kuantitas Bahan		
								• Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	terintegrasi dengan *flow controller* untuk mengatur laju alir.
95	Pompa Utilitas 23 (PU-523)	-	√	√	-	-	-	• P_{in} = P_{out} = 1 atm; T = 113.44^{o}C • Pompa bekerja dengan memutar poros menggunakan motor sehingga akan memutar baling-baling.	-

10.1. Identifikasi Paparan Fisis

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

10.6. Process Hazard Analysis (Hazard and Operability Study)

1. Process Hazard Analysis

Process hazard analysis (PHA) merupakan suatu prosedur yang bertahap dan menyeluruh mengenai *hazard* pada operasi suatu pabrik *chemical* dan *manufacture*. Tujuan dari penyusunan PHA adalah untuk mengidentifikasi potensi suatu *hazard*, memahami *hazard*, serta mengetahui cara pengendalian *hazard* yang terdapat pada proses tersebut untuk dapat mencegah terjadinya *hazard* yang disebabkan karena adanya kegagalan atau *failure* pada alat, proses, ataupun prosedur. Terdapat beberapa metode dalam melakukan PHA dimana salah satunya adalah *hazard and operability study* (HAZOP). HAZOP merupakan suatu *assessment tool* yang bersifat sistematis yang dilakukan untuk dapat mengevaluasi potensi *hazard* dari suatu proses. Analisis HAZOP dilakukan dengan menganalisis kemungkinan terjadinya deviasi atau penyimpangan pada parameter-parameter yang ditinjau pada tiap aliran/proses yang dapat menyebabkan terjadinya keadaan yang *hazardous*.

2. Pemilihan Alat

Pada proses produksi *sodium lignosulphonate* dari tandan kosong kelapa sawit, terdapat beberapa alat yang dapat dilakukan analisis dengan menggunakan HAZOP karena tingkat *hazardnya* yang tinggi. Berikut merupakan beberapa alat yang memiliki resiko tinggi.

Tabel 48. Perbandingan Peralatan dalam Pemilihan Alat HAZOP

No.	Alat	Tekanan, atm	Suhu, ^oC	Keterangan
1.	Reaktor Delignifikasi (R-101)	11	170^oC	• Reaktor delignifikasi beroperasi pada tekanan dan suhu yang tinggi untuk memutus ikatan lignin pada struktur *lignoselulosa*

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No.	Alat	Tekanan, atm	Suhu, ^oC	Keterangan
				• Berpotensi terjadi ledakan yang tinggi karena dijalankan pada tekanan tinggi • Reaktan maupun produk memiliki *hazard* yang rendah
2.	Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (TK-106)	1	25	• Tangki penyimpanan berfungsi untuk menyimpan asam sulfat 3 hari dengan kapasitas 273,5834 m^3 • *Hazard* dari bahan cukup tinggi karena bersifat sangat korosif
3.	Evaporator	Vacuum	Steam: max. 300^oC, Liquid: 181,78^oC	• Berfungsi untuk meningkatkan konsentrasi dari SLS dengan menguapkan sejumlah air yang terkandung dalam larutan • Evaporator terdiri atas 6 *effect* dengan *feed* masuk pada *effect* pertama dan *steam* masuk pada *effect* terakhir • Proses dijalankan pada tekanan yang *vacuum* dan suhu yang tinggi sehingga *operability* cukup sulit
4.	*Spray Dryer*	1	81,39	• Berfungsi untuk mengeringkan SLS sehingga dihasilkan SLS berbentuk bubuk • Proses dijalankan dengan mengontakkan larutan SLS

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

No.	Alat	Tekanan, atm	Suhu, ^oC	Keterangan
				dengan udara yang bersuhu 200^oC (suhu tinggi)
5.	Boiler	84,84	300	• Berfungsi untuk menghasilkan *steam* untuk kebutuhan proses produksi • Terdapat 1 *boiler* dengan kapasitas 87.125 kg/jam • Berpotensi terjadi kebakaran dan ledakan karena *overpressure* pada proses

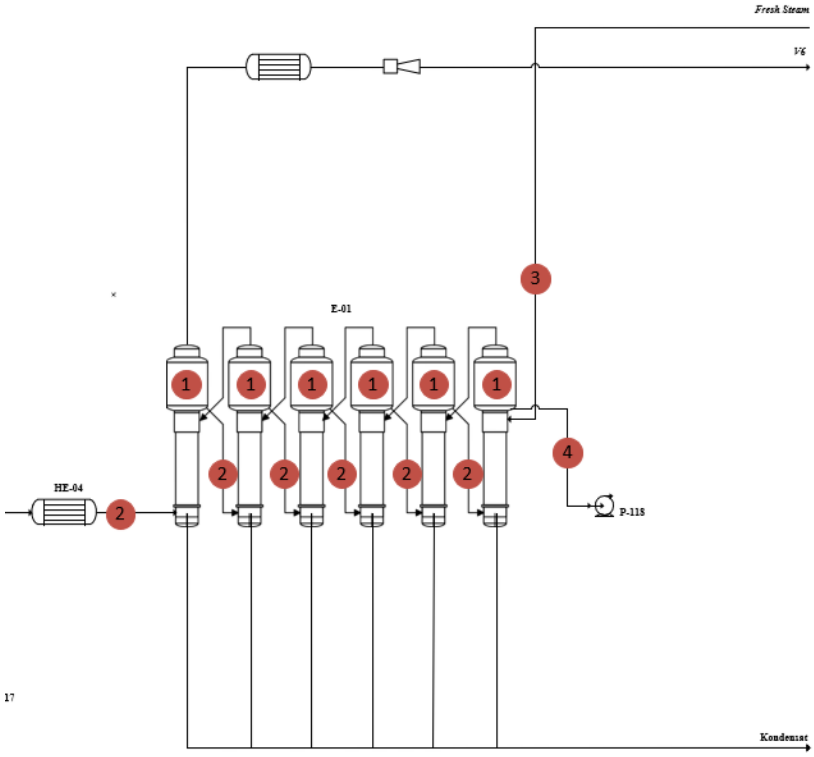
Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, masing-masing alat memiliki kondisi yang dapat menimbulkan *hazard* yang berbeda. Pada reaktor delignifikasi (R-101) terdapat *hazard* proses yang tinggi, pada tangki penyimpanan asam sulfat (TK-106) terdapat *hazard* bahan. Pada *evaporator*, *spray dryer*, serta *boiler* terdapat *hazard* proses dan bahan. Berdasarkan *hazardnya*, *evaporator*, *spray dryer*, serta *boiler* memiliki tingkatan *hazard* yang cukup setara, namun *operability* dari *evaporator* lebih sulit dan lebih jarang digunakan pada proses produksi, sehingga berdasarkan analisis tersebut, dipilih Evaporator sebagai alat proses yang akan dianalisis melalui metode HAZOP.

3. HAZOP

Studi HAZOP pada *evaporator* memiliki tujuan utama untuk memastikan bahwa tekanan pada *evaporator* beroperasi secara *vacuum* serta mengendalikan laju *input* yang berupa cairan (larutan SLS) serta gas (*steam/vapor*)

Berikut merupakan skema titik *node* yang dilakukan pada *evaporator*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 12. Skema *Node* Evaporator

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Process Unit	:	Evaporator	
Node	:	Inside Evaporator	Date: 2 Mei 2023
Process Parameter	:	Pressure	

Guide Words	Deviations	Causes	Consequences	Suggested Actions
More	More Pressure	• Aliran *inlet* Steam/Vapor terlalu tinggi	• Ketika tekanan tinggi maka titik didih dari *larutan SLS* meningkat sehingga laju penguapan menjadi menurun • *Overpressure* • Apabila terdapat kebocoran, maka udara dapat masuk ke dalam sistem dan mengkontaminasi hasil proses • Aliran steam/vapor tidak mengalir ke *effect* paling akhir	• Mengatur *valve* aliran *inlet* Steam/Vapor
		• Aliran *inlet liquor* terlalu tinggi		• Mengatur *valve* aliran *inlet liquor* serta *outlet liquor* evaporator
		• *Control valve* Steam/Vapor tidak dapat menutup/mengecil dengan baik		• Memasang *pressure sensor* pada *effect* dengan mengatur Steam/Vapor agar aliran Steam/Vapor yang masuk dapat sesuai dengan kebutuhan
		• Tekanan pada *ejector* terlalu tinggi		• Memasang *pressure controller* pada aliran setelah *ejector* dengan mengatur valve aliran *cooling water* masuk ke dalam *surface condenser*. Laju *cooling water* pada *surface condenser* terlalu tinggi menyebabkan fungsi *ejector* tidak berjalan secara optimal karena *vapor* yang akan ditarik menjadi terlalu rendah sehingga tekanan vakum tidak dapat tercapai.
		• Laju penguapan air pada *larutan SLS* terlalu tinggi (ketika *flow* Steam/Vapor sudah minimal) • Pipa *vent* terhambat sehingga *steam*		• Mengatur valve aliran *larutan SLS* dari *effect* sebelumnya • Melakukan maintenance secara regular untuk pipa-pipa aliran serta *pressure indicator* yang terdapat pada evaporator

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

		terperangkap pada *shell* • Terjadi kebocoran pada aliran		
Less	Less Pressure	• Aliran Steam/Vapor terlalu rendah (walaupun *valve* telah terbuka 100%)	Ketika tekanan rendah maka titik didih dari *larutan SLS* menurun sehingga laju penguapan menjadi meningkat. Hal tersebut dapat menyebabkan *hotspot* apabila jumlah *steam* yang diinputkan ke dalam tetap, *overpressure* karena vapor yang dihasilkan berlebih, serta tidak memenuhi spesifikasi produk (*solid* terlalu tinggi)	• Memasang *flow controller* pada aliran Steam/Vapor agar aliran Steam/Vapor yang masuk dapat sesuai dengan kebutuhan
		• Tekanan pada *ejector* terlalu rendah		• Install *pressure controller* pada aliran *ejector* dengan mengatur valve aliran *cooling water* masuk ke dalam *surface condenser*

Process Unit	:	Evaporator	
Node	:	Inside Evaporator	Date: 2 Mei 2023
Process Parameter	:	Temperature	

Guide Words	Deviations	Causes	Consequences	Suggested Actions
More	More Temperature	Laju Steam/Vapor terlalu tinggi	Kenaikan suhu dari aliran *larutan SLS* menunjukkan kandungan solid pada *larutan SLS* lebih tinggi dibandingkan seharusnya.	Memasang *temperature controller* dengan mengatur *valve* Steam/Vapor sehingga dapat menurunkan laju penguapan dari *larutan SLS.*
		Kenaikan suhu dari aliran *larutan SLS effect* sebelumnya		
Less	Less Temperature	Penurunan suhu dari aliran *larutan SLS effect* sebelumnya	Penurunan suhu menunjukkan kandungan solid lebih rendah dibandingkan targetnya. Sehingga kandungan solid pada produk dapat lebih rendah dibandingkan target	Memasang *temperature controller* pada *effect* dengan mengatur valve aliran sirkulasi dan aliran keluar (*discharge liquor*) *evaporator*
		Laju Steam/Vapor terlalu rendah (walau bukaan valve sudah 100%)		Melakukan *washing* dan *maintenance* secara berkala
		Scaling sehingga transfer panas tidak maksimal		

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

		Kebocoran pada pipa sehingga panas lepas		

Process Unit	:	Evaporator	
Node	:	Inside Evaporator	Date: 2 Mei 2023
Process Parameter	:	Larutan SLS Level	

Guide Words	Deviations	Causes	Consequences	Suggested Actions
Less	Low Level	• Laju Steam/Vapor terlalu tinggi sehinga laju evaporasi meningkat • Laju aliran *liquor* dari *effect sebelumnya* terlalu rendah • Terjadi kebocoran pada evaporator	• Jumlah produksi berkurang	Memasang *level controller* dengan mengatur bukaan *valve* aliran *outlet* evaporator
More	More Level	• Laju penguapan yang terlalu rendah karena aliran Steam/Vapor terlalu rendah atau terkanan *ejector* terlalu tinggi • Laju aliran *input liquor* terlalu tinggi	• Terjadi luapan *liquor* (*overflow*) • Terjadi *carryover*, menyebabkan demister kotor dan vapor yang masuk ke *effect* berikutnya mengandung *liquor* sehingga kondensat yang terbentuk pada *effect* setelahnya terkontaminasi	• Memasang *level controller* dengan mengatur bukaan *valve* aliran *outlet* evaporator • Memasang *spray jet* untuk pembersihan *demister* apabila demister kotor

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Input Evaporator

Process Unit	:	Evaporator	
Node	:	Input Evaporator	Date: 2 Mei 2023
Process Parameter	:	Liquor Flow	

Guide Words	Deviations	Causes	Consequences	Suggested Actions
No	No Flow	• Pompa mati • Kegagalan *valve liquor* untuk membuka (valve 0%)	Tidak terjadi proses evaporasi, apabila aliran *steam* tidak dihentikan dapat terjadi *hotspot* yang dapat merusak alat	• Memasang back up pump • Memasang aliran *bypass*
More	More Flow	• Valve aliran *larutan SLS* tidak dapat menutup (bukaan terlalu besar) • Aliran *feed* yang berfluktuasi	Level pada *evaporator* meningkat menyebabkan *overflow* atau *carryover serta* pompa trip	• Melakukan *washing* pada *line larutan SLS* karena hambatan pada aliran *liquor* dapat terjadi karena adanya *scaling* • *Install* flow controller dengan mengatur aliran feed yang masuk ke *feed evaporator*
Less	Less Flow	• Valve aliran *larutan SLS* tidak terbuka penuh • Daya pompa menurun • Terjadi kavitasi pada pompa	Level pada evaporator menurun	• *Install* flow controller dengan mengatur aliran feed yang masuk ke *feed evaporator* • Melakukan *washing* pada *line larutan SLS* karena hambatan pada pipa dapat terjadi karena adanya *scaling*

Process Unit	:	Evaporator	
Node	:	Input Evaporator	Date: 2 Mei 2023
Process Parameter	:	Temperature Liquid	

Guide Words	Deviations	Causes	Consequences	Suggested Actions
More	More Temperature	• Aliran *steam* pada E-104 terlalu tinggi	Laju evaporasi menjadi terlalu tinggi sehingga menyebabkan *hotspot* serta *overpressure* karena terlalu banyak cairan yang diuapkan	• *Install temperature controller* dengan mengatur valve aliran *steam input heat exchanger* (E-104)

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Less	Less Temperature	• Aliran *steam* pada E-104 terlalu rendah • *Scaling* pada *tube* E-104 sehingga transfer panas tidak optimum	Laju evaporasi menurun, target produk tidak tercapai (kandungan air lebih tinggi dari seharusnya).	• *Install temperature controller* dengan mengatur valve aliran *steam input heat exchanger* (E-104) • Melakukan maintenance dan *washing* secara regular untuk *tube* HE untuk membersihkan *scaling*

Process Unit	:	Evaporator	
Node	:	Input Evaporator	Date: 2 Mei 2023
Process Parameter	:	Steam Flow	

Guide Words	Deviations	Causes	Consequences	Suggested Actions
No	No Flow	• Terdapat permasalahan pada distributor	Tidak terjadi proses evaporasi	• Memasang aliran *bypass* untuk aliran produk ke tangki penampungan sementara (*off-product*)
More	More Flow Steam	• Valve aliran *steam* tidak dapat menutup (bukaan terlalu besar) • Aliran dari *distribution* terlalu tinggi • Indikator tidak bekerja dengan baik	Laju evaporasi menjadi terlalu tinggi sehingga menyebabkan *hotspot* serta *overpressure* karena terlalu banyak cairan yang diuapkan	• Melakukan maintenance secara regular untuk pipa-pipa aliran dan indikator yang terdapat pada evaporator
Less	Less Flow Steam	• Valve aliran *steam* tidak terbuka penuh • Aliran dari distributor terlalu rendah	Laju evaporasi menurun, target produksi tidak tercapai	• Melakukan maintenance secara regular untuk pipa-pipa aliran dan indikator yang terdapat pada evaporator

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Output Evaporator

Process Unit	:	Evaporator	
Node	:	Output Evaporator	Date: 2 Mei 2023
Process Parameter	:	Liquor Flow	

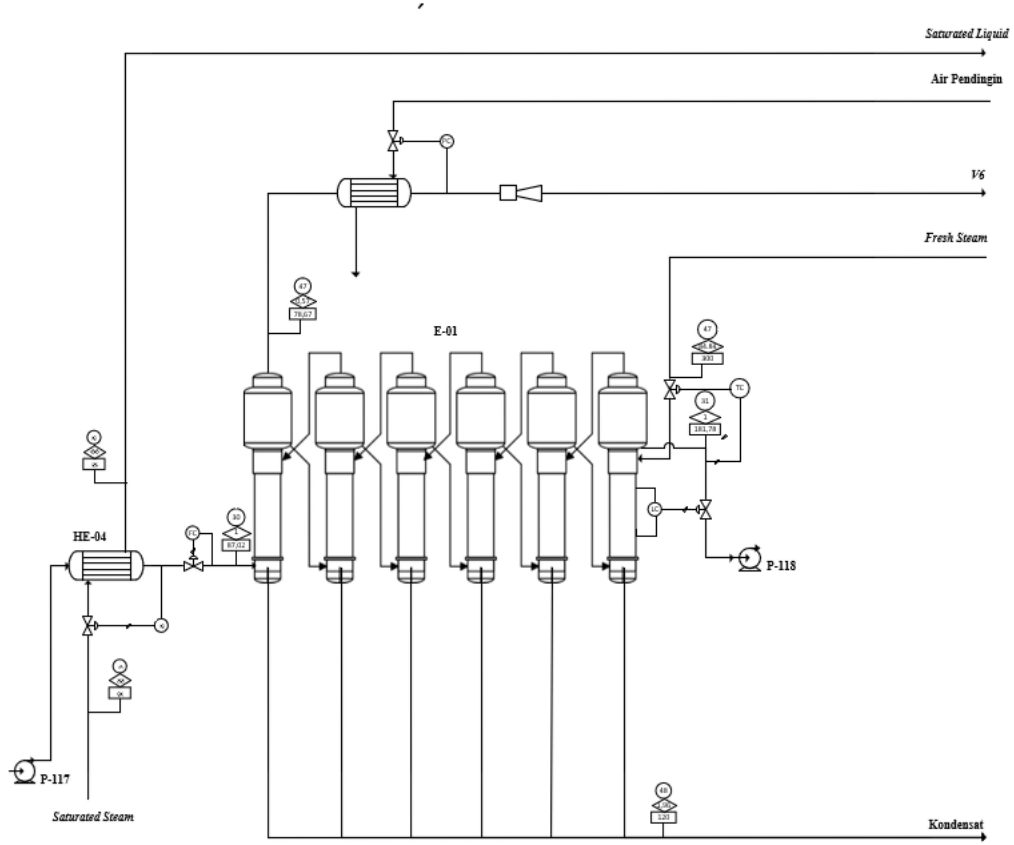
Guide Words	Deviations	Causes	Consequences	Suggested Actions
More	More Flow	• Valve aliran *larutan SLS* tidak dapat menutup (bukaan terlalu besar)	Level pada *evaporator* menurun, *spray dryer overcapacity* sehingga proses *drying* tidak berjalan secara efektif	• Melakukan *washing* pada *line larutan SLS* karena hambatan pada aliran *liquor* dapat terjadi karena adanya *scaling*
Less	Less Flow	• Valve aliran *larutan SLS* tidak terbuka penuh • Terdapat penyumbatan pada pompa	• Level pada evaporator meningkat, dapat menyebabkan *carryover* pada *vapor* • Target produksi tidak tercapai	• Melakukan *washing* pada *line larutan SLS* karena hambatan pada pipa dapat terjadi karena adanya *scaling*

Process Unit	:	Evaporator	
Node	:	Output Evaporator	Date: 2 Mei 2023
Process Parameter	:	Liquor Concentration	

Guide Words	Deviations	Causes	Consequences	Suggested Actions
Less	Less Concentration	• Kurangnya evaporasi pada evaporator (Laju *steam* turun, *scaling*, *flow input* meningkat)	• Proses pengeringan pada *spray dryer* tidak berjalan dengan optimum sehingga spesifikasi dari produk tidak tercapai (kandungan air lebih tinggi dari seharusnya)	• Dari data laboratoirum, dilakukan tindakan berupa memperkecil bukaan valve aliran masuk, memperbesar bukaan valve aliran sirkulasi, dan aliran Steam/Vapor • Melakukan *washing* pada *evaporator* karena hambatan pada pipa dapat terjadi karena adanya *scaling*

Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berikut merupakan skema aliran pada Evaporator berdasarkan rekomendasi HAZOP



Gambar 13. Skema Aliran Evaporator dengan *Controller*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4. LOPA

Dalam upaya pencegahan terjadinya *hazard* pada proses, alat, maupun prosedur, terdapat beberapa lapis perlindungan yang perlu dipasang pada suatu proses operasional industri. Salah satu asesmen yang dapat dilakukan adalah LOPA atau *Layer of Protection Analysis*. LOPA merupakan metode yang digunakan untuk memberikan gambaran apakah probabilitas dari kejadian serta konsekuensi memenuhi toleransi risiko yang telah ditetapkan perusahaan. Terdapat beberapa *layer* pada LOPA dimana lapisan perlindungan tersebut perlu disiapkan hingga risiko kecelakaan yang mungkin terjadi dapat ditoleransi. Beberapa *layer* dari LOPA adalah sebagai berikut.

i. Layer 1: *Process Design*

Desain proses yang baik dapat menciptakan sistem yang dapat mencegah atau menoleransi penyimpangan dalam pengoperasian. Konsep *inherently safer design* dapat diterapkan untuk mengurangi konsekuensi dari suatu bahaya. Pada perancangan *evaporator*, *inherently safer design* dilakukan dengan mengoperasikan *evaporator* dengan enam *effects* sehingga ukuran dari *evaporator* dapat diperkecil sehingga meminimalkan insiden yang dapat terjadi serta mempermudah proses pengoperasian dan menurunkan *total cost*.

ii. Layer 2: Basic Controls, Process Alarms, Operator Supervision

Pada alat proses, digunakan beberapa alat control yang digunakan untuk memastikan deviasi dari proses dapat diminimalkan. Pada *evaporator*, terdapat beberapa *controller* yang dipasang yang terdiri atas sensor/indikator, *transmitter*, serta *controller*. Alat sensor berfungsi untuk mengukur suatu parameter/variable yang nilainya akan dikirimkan menuju *transmitter* untuk diubah menjadi sinyal. *Transmitter* kemudian akan mengirimkan sinyal tersebut menuju *controller* untuk dibandingkan dengan nilai *set point* sehingga diperoleh deviasi/error dari hasil perbandingan tersebut. Apabila terdapat deviasi, maka *controller* akan mengirimkan sinyal untuk mengatur actuator sehingga deviasi dapat diperkecil.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Berdasarkan studi HAZOP yang telah dilakukan, maka diperoleh skema *process flow diagram* pada evaporator dengan penerapan *suggested actions* berupa alat kontrol dan *safety device* sebagai berikut.

a. *Temperature Controller*

Temperature controller dipasang pada aliran *input* serta evaporator untuk menjaga komposisi produk yang dihasilkan sehingga dihasilkan padatan SLS dengan konsentrasi 60% pada *effect* terakhir *evaporator*. Pada *input evaporator*, alat kontrol diintegrasikan dengan *valve* yang terdapat pada aliran *steam heat exchanger* (E-104) sehingga jumlah *steam* yang masuk ke E-104 akan disesuaikan agar menghasilkan suhu *input feed evaporator* yang sesuai. Sedangkan pada masing-masing *effect*, alat kontrol diintegrasikan dengan *valve* yang terdapat pada aliran keluar *evaporator* sehingga konsentrasi aliran produk yang keluar dapat diatur.

b. *Level Controller*

Alat control ini dipasang pada masing-masing *effect evaporator* yang bertujuan untuk mengatur ketinggian cairan pada *evaporator*. *Level controller* diintegrasikan dengan *valve* yang terdapat pada aliran keluar *evaporator* sehingga ketinggian level pada *evaporator* tetap terjaga.

c. *Flow Controller*

Flow controller dipasang pada aliran *input* evaporator yang memiliki tujuan untuk mengatur laju aliran input dari evaporator agar sesuai dengan kebutuhan. Flow controller memiliki mekanisme kerja sebagai berikut: flow indicator akan mengukur laju aliran dari feed kemudian flow transmitter akan mengubah hasil tersebut menjadi sinyal yang akan diteruskan menuju flow controller. Flow controller akan membandingkan nilai pengukuran dengan setpoint sehingga diperoleh deviasi/error yang terjadi. Flow controller akan memberikan perintah aksi pada actuator yang terpasang pada valve input flow sehingga bukan valve akan menyesuaikan dari deviasi yang terjadi.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

d. Pressure Controller

Pressure controller bertujuan untuk memastikan operasi pada evaporator tetap berjalan secara vacuum sehingga *vapor* dapat mengalir menuju *effect* terakhir. *Pressure controller* dipasang pada aliran *vapor effect* terakhir yang berhubungan langsung dengan *ejector* dan diintegrasikan pada *valve cooling water* yang terdapat pada *surface condenser* sehingga apabila tekanan terlalu tinggi, bukan *valve cooling water* akan dikecilkan untuk memastikan lebih banyak *vapor* yang dapat mengalami kontak dengan *steam* pada *ejector* dan begitu pula sebaliknya sehingga tekanan vacuum dapat tercapai.

iii. Layer 3: *Critical alarms, operator supervision, and manual intervention*

Salah satu parameter yang penting untuk dimonitor pada *evaporator* adalah tekanan dimana kondisi *overpressure* ataupun *underpressure* ingin dihindari pada masing-masing *effect* karena dapat menyebabkan *imploded* atau ledakan**.** *Critical alarm* dapat deprogram untuk menginformasikan kenaikan atau penurunan ekstrem dari *evaporator* sehingga operator dapat melakukan perubahan atau intervensi manual dengan mengatur aliran *cooling water* pada *ejector*. Selain tekanan, parameter yang perlu diperhatikan adalah level dari evaporator karena semakin tinggi level dari evaporator maka semakin banyak pula aliran sirkulasi yang perlu dilakukan agar spesifikasi dari produk dapat tercapai. Oleh karena itu, apabila level dari evaporator terlalu tinggi dan *controller* tidak dapat berfungsi dengan baik, operator dapat menginterferensi dengan mengatur *valve* bukaan produk ataupun *drain* dapat diperbesar.

iv. Layer 4: Plant Emergency Response

Plant emergency response merupakan *on-site emergency response teams* yang terdiri atas personel terlatih untuk menangani *accident* yang terjadi pada pabrik. Tim tanggap darurat perlu disediakan pada lokasi yang memiliki tingkat *hazard* yang tinggi.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Semakin cepat personel terlatih dapat menangani suatu insiden atau mencapai lokasi insiden, maka semakin rendah konsekuensi yang harus ditanggung terutama pada aspek sumber daya manusia.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB XI
ORGANISASI PERUSAHAAN

Dalam mendirikan suatu pabrik, perlu adanya pengelolaan yang sistematis agar proses produksi dapat berjalan secara optimal. Proses produksi merupakan proses perubahan bahan mentah menjadi produk atau jasa yang memiliki nilai jual. Agar proses produksi dapat berjalan dengan baik, pengelolaan bahan baku, manajemen penyimpanan, proses yang terjadi, serta pengendalian produksi perlu diperhatikan. Oleh karena itu, manajemen produksi dibutuhkan untuk mengintegrasikan seluruh kegiatan untuk memastikan seluruh bagian dari proses produksi tetap tersinkronisasi dalam sebuah sistem yang menyatu dan menyeluruh.

11.1. Bentuk Perusahaan

Pabrik sodium lignosulfonat dari tandan kosong kelapa sawit dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini akan didirikan di Kawasan Industri Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau, yang memiliki bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan perusahaan yang terdiri dari sero-sero atau saham-saham yang terbatas kepada pemegang yang luasnya hanya sebatas pada nilai nominal semua saham yang dimilikinya (Purwosutjipto, 1981). Atau dengan kata lain, Perseroan Terbatas merupakan bentuk badan hukum dimana dalam menjalankan usahanya, modal terdiri atas saham-saham dan pemilik saham memiliki kepemilikan perusahaan sesuai dengan nominal saham yang dimilikinya. Saham sendiri merupakan surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan sebagai modal sehingga memudahkan perusahaan dalam memperoleh modal yang lebih besar. Sedangkan menurut pasal 1 angka 1 UU No. 40 Tahun 2007, Perseroan Terbatas adalah badan hukum yang merupakan persekutuan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham-saham dan memenuhi persyaratan-persyaratan yang ditetapkan oleh undang-undang.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

11.2. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi merupakan aspek yang penting di dalam manajemen perusahaan karena menyangkut sistem peran setiap orangnya berdasarkan posisi dan fungsinya masing-masing dalam berkegiatan di perusahaan. Menurut Wijaya dan Rifa'i, sebuah organisasi memiliki beberapa unsur yaitu kumpulan orang, adanya pembagian kerja atau spesialisasi, adanya pengoordinasian untuk bekerja sama dalam beraktivitas, dan memiliki tujuan yang sama. Dengan adanya struktur organisasi, alur komunikasi menjadi jelas karena digambarkan dalam sebuah garis hierarki yang menunjukkan kedudukan, alur tanggung jawab, tugas dari setiap individu, dan hubungan antara masing-masing individunya sehingga dapat mengurangi konflik internal. Dalam merumuskan struktur organisasi, terdapat asas-asas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain adalah sebagai berikut.

a. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
b. Pendelegasian wewenang
c. Pembagian tugas kerja yang jelas
d. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
e. Sistem pengontrolan atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
f. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Maka dari itu, dipilih struktur organisasi dengan bentuk *line and staff*. Struktur organisasi ini berpedoman pada staf atau karyawan hanya bertanggung jawab kepada atasannya. Staf ahli dibentuk untuk mencapai kelancaran produksi karena staf ahli ini terdiri dari orang-orang yang memang ahli di bidangnya yang akan memberikan bantuan pemikiran dan nasihat untuk mencapai tujuan perusahaan.

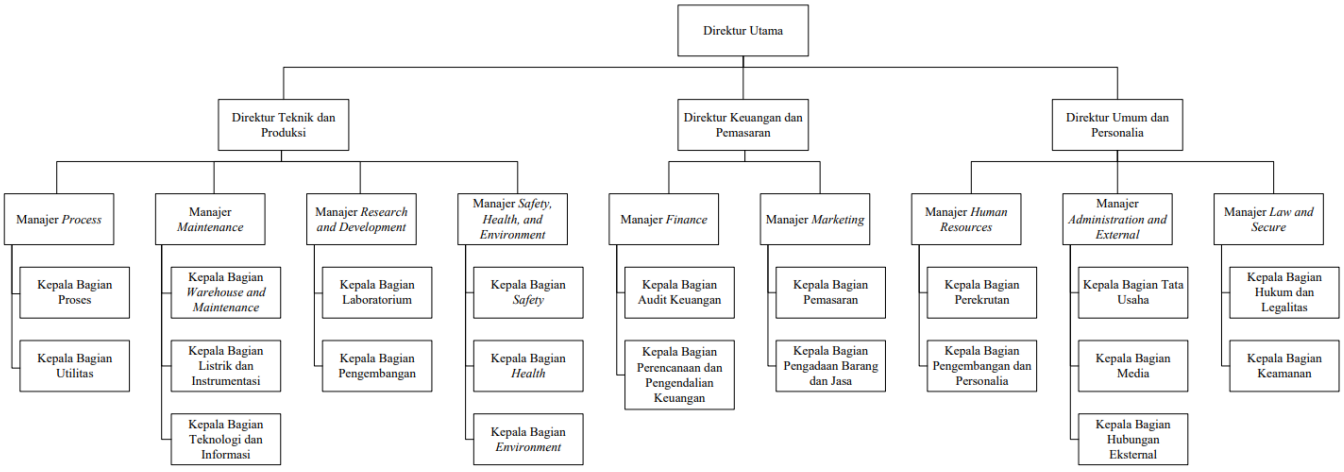
Kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan struktur organisasi *line and staff* adalah sebagai berikut.

a. Sebagai garis atau *line*, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dan terlibat langsung pada pencapaian tujuan organisasi.
b. Sebagai staf, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugasnya dalam keahlian-keahlian yang dimilikinya. Dalam hal ini, staf berfungsi untuk memberikan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

saran-saran kepada unit operasinya dan sebagai pihak yang membantu proses pencapaian tujuan organisasi.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan akan dibantu oleh Dewan Komisaris. Pelaksanaan tugas dijalankan oleh Direktur Utama. Direktur Utama akan memberikan tugas dan wewenangnya kepada Direktur Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran, dan Direktur Umum dan Personalia. Direktur-direktur tersebut kemudian yang akan memimpin dalam divisi-divisi yang berada di bawahnya. Struktur organisasi pabrik sodium lignosulfonat dapat digambarkan dalam diagram sebagai berikut.



Gambar 14. Struktur Organisasi Pabrik Sodium Lignosulfonat

11.3. Tugas dan Wewenang

11.3.1. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan sekelompok orang yang memberikan modalnya kepada perusahaan untuk kepentingan pendirian dan operasional perusahaan tersebut. Pemegang saham mendapatkan surat saham sebagai bukti kepemilikan yang dikeluarkan oleh perusahaan tersebut. Arah tujuan perusahaan dikendalikan oleh pemegang saham dalam Rapat Umum

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pemegang Saham (RUPS) yang memiliki kekuasaan tertinggi. Wewenang pemegang saham dalam RUPS adalah sebagai berikut.

1) Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2) Mengangkat dan memberhentikan Direktur
3) Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

11.3.2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham sehingga memiliki tanggung jawab kepada pemegang saham. Dewan komisaris memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut.

1) Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran
2) Mengawasi tugas-tugas direksi
3) Membantu direksi dalam tugas-tugas penting

11.3.3. Direktur Utama

Direktur utama bertugas untuk memimpin perusahaan dengan jabatan tertinggi. Direktur utama juga bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala kebijakan yang telah diambil sebagai pemimpin perusahaan. Selain itu, direktur utama juga dapat mengangkat dan memberhentikan manajer maupun kepala divisi atas persetujuan dari RUPS. Direktur utama memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut.

1) Bertanggung jawab untuk mencapai kestabilan manajemen dan organisasi perusahaan dengan menjaga hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2) Melaksanakan segala kebijakan perusahaan yang telah diterapkan dan melakukan koordinasi dengan direktur bagian sehingga tercipta kerja sama yang baik
3) Mengawasi dan mengarahkan kegiatan hubungan masyarakat serta aspek keamanan perusahaan
4) Melakukan pengarahan terhadap segala persoalan perusahaan seperti kepegawaian, perburuhan, dan kesejahteraan
5) Mengadakan dan memimpin rapat direksi yang dilakukan rutin dan berkala
6) Menetapkan rencana anggaran perusahaan, rencana kerja jangka pendek, dan jangka panjang
7) Menciptakan sistem manajemen organisasi yang efektif dan efisien

11.3.4. Direktur

1) Direktur Teknik dan Produksi

Tugas **:** Bertanggung jawab dalam pelaksanaan kegiatan produksi yang meliputi operasi, pengembangan, pemeliharaan alat, pengadaan barang, laboratorium, serta bidang keselamatan kerja

Pendidikan : S1 Teknik Kimia dan memiliki pengalaman 10 tahun di bidangnya

Jumlah : 1 orang

2) Direktur Keuangan dan Pemasaran

Tugas **:** Bertanggung jawab dalam perhitungan keuangan yang meliputi pendataan, pengadaan bahan, pengecekan, hingga pengawasan. Selain itu, direktur keuangan dan pemasaran juga bertanggung jawab atas pemasaran, audit keuangan, dan perencanaan keuangan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Sodium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Luthfia Hapsari, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pendidikan : S1 Ekonomi/Manajemen dan memiliki pengalaman 10 tahun di bidangnya
Jumlah : 1 orang

3) Direktur Umum dan Personalia

Tugas **:** Bertanggung jawab dalam segala urusan yang berhubungan dengan badan hukum, sumber daya manusia, hubungan luar perusahaan, administrasi, dan keamanan
Pendidikan : S1 Hukum/Psikologi dan memiliki pengalaman 10 tahun di bidangnya
Jumlah : 1 orang

11.3.5. Manajer dan Kepala Bagian

Manajer merupakan orang yang memiliki tanggung jawab untuk mengatur dan mengawasi kegiatan yang berada dalam lingkup divisinya. Setiap manajer memiliki kepala bagian untuk membantu dalam mengurus divisi.

Direktur Teknik dan Produksi memiliki empat manajer sebagai berikut.

1) Manajer *Process*

- Kepala Bagian Proses

  Tugas **:** Bertanggung jawab dalam segala kegiatan produksi secara langsung di pabrik baik untuk proses maupun instrumentasi
  Pendidikan : S1 Teknik Kimia
  Bawahan : Kepala *shift* (S1 Teknik Kimia)
  Process Engineer (S1 Teknik Kimia)
  Operator (STM/SMA/SMK)