UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
PRAKATA iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xviii
DAFTAR *CODE* DAN *STANDARD* xxiii
INTISARI xxv
ABSTRACT xxvi
BAB I PENGANTAR 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Tinjauan Pustaka 6
1.3. Analisis Pasar 17
1.4. Lokasi Pabrik 22
BAB II URAIAN PROSES 27
BAB III SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK 30
3.1. Bahan Baku 30
3.2. Bahan Pendukung 31
3.3. Produk 32
BAB IV DIAGRAM BLOK DAN PEFD 33
BAB V NERACA MASSA 36
5.1. Neraca Massa Total 36
5.2. Neraca Massa Tiap Alat 36
BAB VI NERACA PANAS 43
BAB VII SPESIFIKASI ALAT 50
1. Gudang Penyimpanan Limbah Silika *Geothermal* (G-101) 50
2. Silo Penyimpanan Nanosilika (TT-01) 50
3. Tangki Penyimpanan NaOH 48% (TK-01) 51
4. Tangki Penyimpanan HCl 32% (TK-02) 51

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5. *Wet Belt Conveyor* 1 (WBC-01) 52
6. *Wet Belt Conveyor* 2 (WBC-02) 52
7. *Belt Conveyor* 1 (BC-01) 52
8. *Belt Conveyor* 2 (BC-02) 53
9. *Belt Conveyor* 3 (BC-03) 53
10. *Belt Conveyor* 4 (BC-04) 54
11. *Hopper* 1 (H-01) 54
12. *Hopper* 2 (H-02) 54
13. *Mixer* 1 (M-01) 55
14. *Mixer* 2 (M-02) 55
15. *Mixer* 3 (M-03) 56
16. *Mixer* 4 (M-04) 57
17. *Mixer* 5 (M-05) 57
18. *Mixer* 6 (M-06) 58
19. Pompa 1 (P-01) 58
20. Pompa 2 (P-02) 59
21. Pompa 3 (P-03) 59
22. Pompa 4 (P-04) 60
23. Pompa 5 (P-05) 60
24. Pompa 6 (P-06) 61
25. Pompa 7 (P-07) 61
26. Pompa 8 (P-08) 62
27. Pompa 9 (P-09) 62
28. Pompa 10 (P-10) 62
29. Pompa 11 (P-11) 63
30. Pompa 12 (P-12) 63
31. Pompa 13 (P-13) 64
32. Pompa 14 (P-14) 64
33. *Ball Mill* 1 (BM-01) 65
34. Reaktor 1 (R-01) 65
35. Reaktor 2 (R-02) 66

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

36. Reaktor 3 (R-03) 66
37. *Centrifuge* 1 (FF-01) 67
38. *Heat Exchanger* 1 (E-01) 67
39. *Heat Exchanger* 2 (E-02) 68
40. *Rotary Drum Vacuum Filter* 1 (F-01) 69
41. *Rotary Dryer* 1 (D-01) 69
42. *Rotary Dryer* 2 (D-02) 70
43. *Cyclone* (FG-01) 70
BAB VIII UTILITAS 72
8.1. Unit Pengolahan Air 72
1. *Screener* (S-101) 84
2. Kolam Ekualisasi (B-101) 84
3. Kolam Sedimentasi (B-102) 84
4. *Premixing Tank* (M-104) 85
5. *Clarifier* (B-103) 85
6. Kolam Karbonasi (B-103) 86
7. *Sand Filter* (F-101) 86
8. *Carbon Filter* (F-102) 87
9. *Filtered Water Tank* (TK-104) 87
10. *Cold Basin* (B-105) 87
11. *Hot Basin* (B-106) 88
12. Tangki Klorinasi (M-105) 88
13. *Cooling Tower* (CT-101) 89
14. *Cation Exchanger* (X-101) 89
15. Tangki Penyimpanan HCl (TK-105) 90
16. *Anion Exchanger* (X-102) 90
17. Tangki Penyimpanan NaOH (TK-106) 91
18. Tangki Air Demineralisasi (TK-107) 91
19. *Deaerator* (DA-201) 92
20. Tangki Penyimpanan *Hydrazine* (TK-208) 92
21. Tangki Penyimpanan Kondensat *Steam* (TK-109) 93

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

22. Tangki Penyimpanan Klorin (TK-110) 93
23. Tangki Air Kebutuhan Umum (TK-111) 93
24. Tangki Penyimpanan *Lime* (TK-101) 94
25. *Mixer Lime* (M-101) 94
26. Tangki Penyimpanan Natrium Karbonat (TK-102) 95
27. *Mixer* Natrium Karbonat (M-102) 95
28. Tangki Penyimpanan Alum (TK-103) 95
29. *Mixer* Alum (M-103) 96

8.2. Unit Pembangkit *Steam* 96
8.3. Unit Penyedia Udara 106
8.4. Unit Pembangkit Listrik 112
8.5. Unit Pengolahan Limbah 115

BAB IX TATA LETAK PABRIK 119
9.1. Layout Pabrik Keseluruhan 119
9.2. Layout Alat Proses 120

BAB X PERTIMBANGAN ASPEK KESELAMATAN, KESEHATAN KERJA DAN LINGKUNGAN 121
10.1. *Safety, Health, and Environment* (SHE) *Management* 121
10.2. Struktur Organisasi Manajemen SHE 132
10.3. Identifikasi *Hazard* Bahan Kimia 134
10.4. Identifikasi *Hazard* Limbah 143
10.5. Identifikasi *Hazard* Proses 148
10.6. *Hazard and Operability Study* (HAZOP) 172

BAB IX ORGANISASI PERUSAHAAN 184
11.1. Bentuk Perusahaan 184
11.2. Struktur Organisasi 185
11.3. Tugas dan Wewenang 188
11.4. Pembagian Jam Kerja Karyawan 192
11.5. Penggolongan Jabatan 193
11.6. Perhitungan Kebutuhan Jumlah Operator 194
11.7. Sistem Penggajian Karyawan 195

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

11.8. Kesejahteraan Sosial Karyawan 196
11.9. Manajemen Produksi 198
BAB XII EVALUASI EKONOMI 201
12.1. Perhitungan Indeks Harga 201
12.2. Perhitungan Harga Alat Proses dan Utilitas 203
12.3. Perhitungan Biaya *Raw Materials*, *Sales*, dan Bahan Utilitas 211
12.4. Perhitungan Biaya Pekerja Pembangunan Pabrik 214
12.5. Perhitungan Penggajian Karyawan Operator 215
12.6. Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan 215
12.7. Perhitungan *Fixed Capital* 215
12.8. Perhitungan *Manufacturing Cost* 218
12.9. Perhitungan *Working Capital* 220
12.10. Perhitungan *General Expenses* 222
12.11. Perhitungan Profit 222
12.12. Analisis Kelayakan *Profitability* 223
12.13. *Sensitivity Analysis* 229
BAB XIII KESIMPULAN 231
DAFTAR PUSTAKA 232
LAMPIRAN 237
SILO PENYIMPANAN NANOSILIKA (TT-01) 237
GUDANG PENYIMPANAN LIMBAH SILIKA *GEOTHERMAL* (G-01) 241
TANGKI PENYIMPANAN NAOH CAIR 48% (TK-01) 243
TANGKI PENYIMPANAN HCl 32% (TK-02) 249
WET BELT CONVEYOR 1 (WBC-01) 256
WET BELT CONVEYOR 2 (WBC-02) 262
BELT CONVEYOR 1 (BC-01) 263
BELT CONVEYOR 2 (BC-02) 264
BELT CONVEYOR 3 (BC-03) 265
BELT CONVEYOR 4 (BC-04) 266
HOPPER 1 (H-01) 267
HOPPER 2 (H-02) 271

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

MIXER 1 (M-01) 272
MIXER 2 (M-02) 284
MIXER 3 (M-03) 286
MIXER 4 (M-04) 288
MIXER 5 (M-05) 290
MIXER 6 (M-06) 292
POMPA SENTRIFUGAL 1 (P-01) 294
POMPA SENTRIFUGAL 2 (P-02) 305
POMPA SENTRIFUGAL 3 (P-03) 306
POMPA SENTRIFUGAL 4 (P-04) 308
POMPA SENTRIFUGAL 5 (P-05) 310
POMPA SENTRIFUGAL 6 (P-06) 311
POMPA SENTRIFUGAL 7 (P-07) 312
POMPA SENTRIFUGAL 8 (P-08) 313
POMPA SENTRIFUGAL 9 (P-09) 314
POMPA SENTRIFUGAL 10 (P-10) 315
POMPA SENTRIFUGAL 11 (P-11) 316
POMPA SENTRIFUGAL 12 (P-12) 317
POMPA SENTRIFUGAL 13 (P-13) 318
POMPA SENTRIFUGAL 14 (P-14) 319
BALL MILL (BM-01) 320
REAKTOR 1 (R-01) 325
REAKTOR 2 (R-02) 333
REAKTOR 3 (R-03) 339
HEAT EXCHANGER 1 (E-01) 373
HEAT EXCHANGER 2 (E-02) 388
CENTRIFUGE 1 (FF-01) 390
ROTARY FILTER 1 (F-01) 397
ROTARY DRYER 1 (D-01) 402
ROTARY DRYER 2 (D-02) 421
CYCLONE (FG-01) 424

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

SCREENER (S-101) 434
KOLAM EKUALISASI (B-101) 434
KOLAM SEDIMENTASI (B-102) 436
PREMIXING TANK (M-104) 438
CLARIFIER (B-103) 443
KOLAM REKARBONASI (B-104) 448
SAND FILTER (F-101) 449
CARBON FILTER (F-102) 451
FILTERED WATER TANK (TK-104) 453
COLD BASIN (B-105) 454
HOT BASIN (B-106) 455
TANGKI KLORINASI (M-105) 457
COOLING TOWER (CT-101) 462
CATION EXCHANGER (X-101) 473
TANGKI PENYIMPANAN HCl 477
ANION EXCHANGER (X-102) 479
TANGKI PENYIMPANAN NAOH (TK-106) 484
TANGKI AIR DEMINERALISASI (TK-107) 486
DEAERATOR (DA-101) 488
TANGKI PENYIMPANAN *HYDRAZINE* (TK-108) 491
TANGKI KONDENSAT (TK-109) 493
TANGKI PENYIMPAN KLORIN (TK-110) 495
TANGKI AIR KEBUTUHAN UMUM (TK-111) 497
TANGKI PENYIMPANAN *LIME* (TK-101) 499
MIXER LIME (M-101) 501
TANGKI PENYIMPANAN NATRIUM KARBONAT (TK-102) 506
MIXER NATRIUM KARBONAT (M-102) 508
TANGKI PENYIMPANAN ALUM (TK-103) 513
MIXER ALUM (M-103) 515

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 1. *Technical Properties* dari Nanosilika Tipe-P dan Tipe S (*Nanografi Nano Technology*, 2021) 7
Tabel 2. Perbandingan Proses Produksi Nanosilika 15
Tabel 3. Potensi Ekonomi yang Dapat Dihasilkan 19
Tabel 4. Pabrik Nanosilika di Dunia Beserta Kapasitasnya 20
Tabel 5. Komposisi Limbah Silika *Geothermal* 30
Tabel 6. Neraca Massa Total 36
Tabel 7. Neraca Massa *Ball Mill* 1 36
Tabel 8. Neraca Massa *Mixer* 1 37
Tabel 9. Neraca Massa Reaktor 1 37
Tabel 10. Neraca Massa *Rotary Vacuum Filter* 1 38
Tabel 11. Neraca Massa *Rotary Dryer* 1 38
Tabel 12. Neraca Massa *Mixer* 2 38
Tabel 13. Neraca Massa Reaktor 2 39
Tabel 14. Neraca Massa *Mixer* 3 39
Tabel 15. Neraca Massa *Heat Exchanger* 1 39
Tabel 16. Neraca Massa *Mixer* 4 40
Tabel 17. Neraca Massa *Heat Exchanger* 2 40
Tabel 18. Neraca Massa *Mixer* 5 40
Tabel 19. Neraca Massa *Mixer* 6 40
Tabel 20. Neraca Massa Reaktor 3 41
Tabel 21. Neraca Massa *Centrifuge* 1 41
Tabel 22. Neraca Massa *Rotary Dryer* 2 41
Tabel 23. Neraca Massa *Cyclone* 1 42
Tabel 24. Neraca Panas *Ball Mill* 1 43
Tabel 25. Neraca Panas *Mixer* 1 43
Tabel 26. Neraca Panas Reaktor 1 44
Tabel 27. Neraca Panas *Rotary Vacuum Filter* 1 44
Tabel 28. Neraca Panas *Rotary Dryer* 1 45

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 29. Neraca Panas *Mixer* 2 45
Tabel 30. Neraca Panas Reaktor 2 45
Tabel 31. Neraca Panas *Mixer* 3 46
Tabel 32. Neraca Panas *Heat Exchanger* 1 46
Tabel 33. Neraca Panas *Mixer* 4 46
Tabel 34. Neraca Panas *Heat Exchanger* 2 47
Tabel 35. Neraca Panas *Mixer* 5 47
Tabel 36. Neraca Panas *Mixer* 6 47
Tabel 37. Neraca Panas Reaktor 3 48
Tabel 38. Neraca Panas *Centrifuge* 1 48
Tabel 39. Neraca Panas *Rotary Dryer* 2 48
Tabel 40. Neraca Panas *Cyclone* 1 49
Tabel 41. Kebutuhan Air untuk Kebutuhan Umum 72
Tabel 42. Kebutuhan Air untuk Proses 73
Tabel 43. Kebutuhan Air Pendingin 73
Tabel 44. Kebutuhan Air untuk BFW 74
Tabel 45. Batas Parameter untuk *Steam* 97
Tabel 46. Parameter *Boiler Feed Water* 101
Tabel 47. Spesifikasi *Boiler Feed Water* 102
Tabel 48. Komposisi Gas Alam 103
Tabel 49. Reaksi di *Burner* 104
Tabel 50. Kebutuhan Oksigen 104
Tabel 51. Kebutuhan Udara Pengering 106
Tabel 52. Kebutuhan Udara Instrumen 107
Tabel 53. Kebutuhan Udara 107
Tabel 54. Kebutuhan Listrik Proses 112
Tabel 55. Kebutuhan Listrik Utilitas 113
Tabel 56. Baku Mutu Udara Ambien 115
Tabel 57. Baku Mutu Air Limbah 116
Tabel 58. Identifikasi *Hazard* Bahan Kimia 134
Tabel 59. Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia 139

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 60. Identifikasi Potensi Paparan Fisis 141
Tabel 61. Identifikasi *Hazard* Emisi Gas 143
Tabel 62. Identifikasi *Hazard* Limbah Cair 145
Tabel 63. Identifikasi *Hazard* Limbah Padat 147
Tabel 64. Identifikasi *Hazard* Kondisi Peralatan Proses 148
Tabel 65. Identifikasi *Hazard* Kondisi Peralatan Utilitas 158
Tabel 66. Identifikasi *Hazard Plant Layout* 168
Tabel 67. Identifikasi *Hazard Plant Layout* Lokasi Proses 170
Tabel 68. Lembar HAZOP *Boiler* (BO-101) 172
Tabel 69. Pembagian *Shift* Karyawan 193
Tabel 70. Perhitungan Kebutuhan Jumlah Operator 194
Tabel 71. Perincian Jumlah dan Gaji Karyawan 196
Tabel 72. Data *Chemical Engineering Plant Cost Index* 1963-2019 201
Tabel 73. Hasil Perhitungan Ekstrapolasi CEP *Cost Index* 203
Tabel 74. Tabel Perhitungan Harga Alat Proses 204
Tabel 75. Tabel Perhitungan Harga Alat Utilitas 207
Tabel 76. Perhitungan *Fixed Capital* 216
Tabel 77. Perhitungan *Manufacturing Cost* 219
Tabel 78. Perhitungan *Working Capital* 220
Tabel 79. Perhitungan *General Expenses* 222
Tabel 80. Perhitungan *Profit* 222
Tabel 81. Hasil Studi Kelayakan Ekonomi Pabrik 231
Tabel 82. Kesimpulan Spesifikasi Silo Penyimpanan Nanosilika (TT-01) 240
Tabel 83. Kesimpulan Spesifikasi Gudang Penyimpanan Limbah Silika *Geothermal* (G-01) 242
Tabel 84. Tebal *Shell* Tangki Tiap *Course* 246
Tabel 85. Kesimpulan Spesifikasi Tangki Penyimpanan NaOH Cair (TK-01) 248
Tabel 86. Tebal *Shell* Tangki Tiap *Course* 252
Tabel 87. Kesimpulan Spesifikasi Tangki Penyimpanan HCl 32% (TK-02) 254
Tabel 88. Hasil Perhitungan Densitas Campuran 256
Tabel 89. *Maximum Capacities for Conveyor Belts* 259
Tabel 90. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Wet Belt Conveyor* 1 (WBC-01) 260

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 91. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Wet Belt Conveyor* 2 (WBC-02).....262
Tabel 92. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Belt Conveyor* 1 (BC-01).....263
Tabel 93. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Hopper* 1 (H-01).....270
Tabel 94. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Hopper* 2 (H-02).....271
Tabel 95. Hasil Perhitungan Densitas Campuran.....272
Tabel 96. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Mixer* 1 (M-01).....283
Tabel 97. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Mixer* 2 (M-02).....284
Tabel 98. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Mixer* 3 (M-03).....286
Tabel 99. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Mixer* 4 (M-04).....288
Tabel 100. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Mixer* 5 (M-05).....290
Tabel 101. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Mixer* 6 (M-06).....292
Tabel 102. Data Fluida pada Pompa Sentrifugal.....294
Tabel 103. Data untuk Perhitungan Nilai *Head* Pompa.....297
Tabel 104. Hasil Perhitungan untuk Total *Head*.....299
Tabel 105. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 1 (P-01).....304
Tabel 106. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 2 (P-02).....305
Tabel 107. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 3 (P-03).....306
Tabel 108. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 4 (P-04).....308
Tabel 109. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 5 (P-05).....310
Tabel 110. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 6 (P-06).....311
Tabel 111. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 7 (P-07).....312
Tabel 112. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 8 (P-08).....313
Tabel 113. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 9 (P-09).....314
Tabel 114. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 10 (P-10).....315
Tabel 115. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 11 (P-11).....316
Tabel 116. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 12 (P-12).....317
Tabel 117. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 13 (P-13).....318
Tabel 118. Kesimpulan Spesifikasi Alat Pompa Sentrifugal 14 (P-14).....319
Tabel 119. Hasil Perhitungan Densitas Campuran Geothermal Sludge.....321
Tabel 120. *Typical Value of The Work Index,* W_i (Walas, 1990).....323
Tabel 121. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Ball Mill* (BM-01) 324

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 122. Spesifikasi Reaktor 1 (R-01) 331
Tabel 123. Data Perhitungan Koefisien Laju Reaksi pada Berbagai Suhu Percobaan (Fertani-Gmati dkk., 2014) 334
Tabel 124. Data Perhitungan Konversi terhadap Volume Reaktor 337
Tabel 125. Kesimpulan Spesifikasi Alat Reaktor 2 (R-02) 338
Tabel 126. Stoikiometri pada Reaktor 341
Tabel 127. Hasil Perhitungan Densitas Campuran 343
Tabel 128. Dimensi dan Sifat Fisis Cairan dalam Reaktor 363
Tabel 129. Hasil Perhitungan ΔT_{LMTD} 365
Tabel 130. Data Perancangan Isolasi Reaktor 367
Tabel 131. Hasil Perhitungan ΔT_{LMTD} 375
Tabel 132. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Heat Exchanger* 1 (E-01) 387
Tabel 133. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Heat Exchanger* 2 (E-02) 389
Tabel 134. Data Perhitungan Viskositas Campuran Filtrat (Yaws, 1999) 391
Tabel 135. Data Perhitungan Densitas Campuran Senyawa Input 391
Tabel 136. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Centrifuge* 1 (FF-01) 396
Tabel 137. Perhitungan Densitas Campuran Arus Masuk *Rotary Filter* 397
Tabel 138. Perhitungan Viskositas Campuran Filtrat 399
Tabel 139. *Sizes of Commercial Continuous Vacuum Filters* (Walas, 1990) 400
Tabel 140. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Rotary Filter* 1 (F-01) 401
Tabel 141. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Rotary Dryer* 1 (D-01) 419
Tabel 142. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Rotary Dryer* 2 (D-02) 422
Tabel 143. Hasil Perhitungan Berat Molekul Campuran Padatan 425
Tabel 144. Hasil Perhitungan Berat Molekul Campuran Gas 426
Tabel 145. Hasil Perhitungan Viskositas Campuran Gas 427
Tabel 146. Distribusi Ukuran Partikel Padatan Masuk *Cyclone* 429
Tabel 147. C*alculated Performance of Cyclone Design* 430
Tabel 148. Kesimpulan Spesifikasi Alat *Cyclone* (FG-01) 433
Tabel 149. Spesifikasi *Coarse Screen* (*Bar Racks*) 434
Tabel 150. Penentuan Tipe Agitator dan Kecepatan Putaran 441
Tabel 151. Parameter *Sand Filter* 449

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 152. Parameter Perancangan *Carbon Filter* 451
Tabel 153. Daftar Input *Cold Basin* 454
Tabel 154. Daftar Input *Hot Basin* 455
Tabel 155. Data Perhitungan Entalpi Udara 465
Tabel 156. Integrasi Metode Simpson 468
Tabel 157. Kebutuhan Air Make Up 471
Tabel 158. Data *Exchanger Capacity* Resin Asam Kuat 473
Tabel 159. Presentase Kation dan Anion Utama pada Perairan Tawar 474
Tabel 160. Desain Vessel untuk *Cation Exchanger* 476
Tabel 161. Data Desain untuk *Fixed Bed Ion Exchanger* 476
Tabel 162. Desain Tangki Penyimpanan HCl 478
Tabel 163. Data *Exchanger Capacity* Resin Basa Kuat 479
Tabel 164. Presentase Kation dan Anion Utama pada Perairan Tawar 480
Tabel 165. Desain *Vessel* untuk *Anion Exchanger* 482
Tabel 166. Data Desain untuk *Fixed Bed Ion Exchanger* 482
Tabel 167. Desain Tangki Penyimpanan NaOH 485
Tabel 168. Spesifikasi Desain Tangki Air Demineralisasi 487
Tabel 169. Desain Tangki Penyimpanan *Hydrazine* 492
Tabel 170. Spesifikasi Desain Tangki Kondensat 494
Tabel 171. Spesifikasi Desain Tangki Penyimpan Klorin 496
Tabel 172. Spesifikasi Desain Tangki Air Kebutuhan Umum 497
Tabel 173. Spesifikasi Desain Tangki Penyimpanan *Lime* 499
Tabel 174. Spesifikasi Desain Tangki Penyimpanan Natrium Karbonat 507
Tabel 175. Spesifikasi Desain Tangki Penyimpanan Alum 514

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peningkatan Konsentrasi CO_2 di Atmosfer 1
Gambar 2. Emisi Gas Rumah Kaca (dalam ribu ton CO_2) 2
Gambar 3. Penggunaan Energi Primer Global Berdasarkan Bahan Bakar dengan Proyeksi hingga Tahun 2035 (*British Petroleum Company*, 2017) 3
Gambar 4. Prediksi *Energy Mix* Indonesia pada Tahun 2025 3
Gambar 5. Sirkum Pasifik "*Ring of Fire*" (Pambudi, 2018) 4
Gambar 6. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi di Indonesia (Setiawan dkk., 2019) 4
Gambar 7. Berbagai Penggunaan dari *Geothermal Energy* 4
Gambar 8. Kenampakan *Silica Scaling* pada Pipa Injeksi PLTP Dieng (Sukaryadi, 2013) 5
Gambar 9. Struktur Kimia Silika 7
Gambar 10. Model Konseptual Sistem Panas Bumi 8
Gambar 11. Diagram Alir Eksplorasi *Geothermal* pada PLTP Dieng 8
Gambar 12. Aplikasi Nanosilika pada Berbagai Industri 18
Gambar 13. Aplikasi Nanosilika di Dunia tahun 2019 19
Gambar 14. *Nanosilika Global Market Forecast* (*Globe News Wire*, 2021) 20
Gambar 15. Analisis Karakter Mineral dan Komposisi Kimia Silika *Geothermal* 22
Gambar 16. Lokasi Pabrik Nanosilika 23
Gambar 17. Peta Seismisitas Pulau Jawa Periode 2009-2018 26
Gambar 18. Lokasi Kerja PT Geo Dipa Energi (Persero) (https://www.geodipa.co.id) 26
Gambar 19. Diagram Kualitatif Pabrik Nano Silika 33
Gambar 20. Diagram Kuantitatif Pabrik Nano Silika 34
Gambar 21. PEFD Pabrik Nano Silika 35
Gambar 22. *Process Flow Diagram* Unit Pengolahan Air Utilitas 80
Gambar 23. Sistem *Fire Tube Boiler* 98
Gambar 24. Sistem *Water Tube Boiler* 99
Gambar 25. Diagram Alir Unit Penyedia Udara 111
Gambar 26. *Layout* Pabrik Keseluruhan 119
Gambar 27. *Layout* Alat Proses 120
Gambar 28. Struktur Organisasi Manajemen SHE 132

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 29. *Study Nodes Boiler* (BO-101) 172
Gambar 30. *Safety Guard Boiler* (BO-101) 183
Gambar 31. Diagram Organisasi Pabrik Nanosilika 187
Gambar 32. Hubungan Tahun terhadap *CEP Cost Index* 202
Gambar 33. Hubungan *Cost* dengan Kapasitas Produksi 226
Gambar 34. *Cashflow* Pabrik Nanosilika 228
Gambar 35. Hubungan Perubahan Variabel terhadap Perubahan DCFRR 229
Gambar 36. Skema Silo Penyimpanan Nanosilika (TT-01) 237
Gambar 37. Pemilihan Bahan Konstruksi Silo Penyimpanan Nanosilika (TT-01) 239
Gambar 38. Skema Gudang Penyimpanan Limbah Silika Geothermal (G-01) 241
Gambar 39. Skema Tangki Penyimpanan NaOH Cair (TK-01) 243
Gambar 40. Pemilihan Dimensi Tangki Penyimpanan NaOH Cair (TK-01) 245
Gambar 41. Pemilihan Bahan Konstruksi *Shell* Tangki Penyimpanan NaOH Cair (TK-01) ... 245
Gambar 42. Skema Perancangan *Head* Tangki Penyimpanan NaOH Cair (TK-01) 247
Gambar 43. Skema Tangki Penyimpanan HCl (TK-02) 249
Gambar 44. Pemilihan Dimensi Tangki Penyimpanan HCl (TK-02) 251
Gambar 45. Pemilihan Bahan Konstruksi *Shell* Tangki Penyimpanan HCl (TK-02) 251
Gambar 46. Skema Perancangan *Head* Tangki Penyimpanan HCl (TK-02) 253
Gambar 47. Skema *Wet Belt Conveyor* 1 (WBC-01) 256
Gambar 48. Dimensi *Wet Belt Conveyor* 1 (WBC-01) 258
Gambar 49. *Approximate Weights of Conveyors* 260
Gambar 50. Skema *Wet Belt Conveyor* 2 (WBC-02) 262
Gambar 51. Skema *Belt Conveyor* 1 (BC-01) 264
Gambar 52. Skema *Belt Conveyor* 3 (BC-03) 265
Gambar 53. Skema *Belt Conveyor* 4 (BC-04) 266
Gambar 54. Skema *Hopper* 1 (H-01) 267
Gambar 55. Skema *Hopper* 2 (H-02) 271
Gambar 56. Skema *Mixer* 1 (M-01) 272
Gambar 57. *Dimension of ASME Code Flanged and Dished Heads* 274
Gambar 58. *Maximum Allowable Joint Efficiency* 276
Gambar 59. Ilustrasi *Head Mixer* 277

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 60. *Dimension of Flanged and Standard Dished Heads* 278
Gambar 61. Ilustrasi Pengaduk *Mixer* 281
Gambar 62. *Power Consumption Agitator* 281
Gambar 63. Skema *Mixer* 2 (M-02) 284
Gambar 64. Skema *Mixer* 3 (M-03) 286
Gambar 65. Skema *Mixer* 4 (M-04) 288
Gambar 66. Skema *Mixer* 5 (M-05) 290
Gambar 67. Skema *Mixer* 6 (M-06) 292
Gambar 68. Skema Pompa Sentrifugal 1 (P-01) 294
Gambar 69. Grafik untuk Menentukan Panjang Ekuivalen 298
Gambar 70. Penentuan *Relative Roughness* P-01 298
Gambar 71. *Centrifugal Pump Selection Guide* 300
Gambar 72. *Approximate Efficiencies of electric Motors* 300
Gambar 73. *Efficiencies of Sentrifugal Pumps* 302
Gambar 74. Skema Pompa Sentrifugal 2 (P-02) 305
Gambar 75. Skema Pompa Sentrifugal 3 (P-03) 306
Gambar 76. Skema Pompa Sentrifugal 4 (P-04) 308
Gambar 77. Skema Pompa Sentrifugal 5 (P-05) 310
Gambar 78. Skema Pompa Sentrifugal 6 (P-06) 311
Gambar 79. Skema Pompa Sentrifugal 7 (P-07) 312
Gambar 80. Skema Pompa Sentrifugal 8 (P-08) 313
Gambar 81. Skema Pompa Sentrifugal 9 (P-09) 314
Gambar 82. Skema Pompa Sentrifugal 10 (P-10) 315
Gambar 83. Skema Pompa Sentrifugal 11 (P-11) 316
Gambar 84. Skema Pompa Sentrifugal 12 (P-12) 317
Gambar 85. Skema Pompa Sentrifugal 13 (P-13) 318
Gambar 86. Skema Pompa Sentrifugal 14 (P-14) 319
Gambar 87. Skema *Ball Mill* (BM-01) 320
Gambar 88. *Conical Ball Mill* (Walas, 1990) 322
Gambar 89. Skema Reaktor 1 (R-01) 325
Gambar 90. Skema Reaktor 2 (R-02) 333

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 91. Grafik Hasil Plotting Persamaan Arrhenius 335
Gambar 92. Konversi NaOH terhadap Volume Reaktor..... 337
Gambar 93. Skema Reaktor 3 (R-03)..... 339
Gambar 94. Grafik Konversi vs Volume..... 344
Gambar 95. Pemilihan Dimensi Reaktor 3 (R-03)..... 346
Gambar 96. Penentuan Data Perhitungan Tebal Shell Reaktor 3 (R-03)..... 348
Gambar 97. Skema Perancangan *Head* Reaktor 3 (R-03)..... 349
Gambar 98. Penentuan Nilai sf Reaktor 3 (R-03) 351
Gambar 99. Skema Pengaduk Reaktor 3 (R-03) 353
Gambar 100. Perancangan Pengaduk Reaktor 3 (R-03)..... 354
Gambar 101. Penentuan Nilai Np Reaktor 3 (R-03) 356
Gambar 102. Pemilihan Ukuran Pipa Pemasukkan Larutan Na_2SiO_3 Primer..... 358
Gambar 103. Pemilihan Ukuran Pipa Pemasukkan Larutan Na_2SiO_3 Sekunder 359
Gambar 104. Pemilihan Ukuran Pipa Pemasukkan Larutan HCl 2,5% 360
Gambar 105. Pemilihan Ukuran Pipa Pemasukkan Larutan HCl 7% 361
Gambar 106. Pemilihan Ukuran Pipa Pengeluaran Produk Nanosilika 362
Gambar 107. Isolasi Reaktor..... 368
Gambar 108. Engineering *Drawing* Reaktor 3 (R-03)..... 371
Gambar 109. Skema *Heat Exchanger* (E-01)..... 373
Gambar 110. Skema *Heat Echanger* (E-02) 388
Gambar 111. Skema *Centrifuge* 1 (FF-01)..... 390
Gambar 112. Skema Basket di *Centrifuge* (McCabe dkk., 1976)..... 393
Gambar 113. Skema *Rotary Filter* 1 (F-01)..... 397
Gambar 114. Skema *Rotary Dryer* 1 (D-01)..... 402
Gambar 115. *Psychrometric Chart* 404
Gambar 116. Skema Alat *Rotary Dryer* 1..... 406
Gambar 117. Zona *Dryer* (Treybal, 1981) 406
Gambar 118. Modeling Transfer Panas pada *Rotary Dryer*..... 414
Gambar 119. Profil Grafik Penambahan Tebal Isolator terhadap Efisiensi Pengurangan *Heat Loss* 417
Gambar 120. Grafik Ketebalan Isolator vs Gradien Efisiensi..... 417

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika Termodifikasi dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 2000 ton/tahun
Yunita Sarah Ginting, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.Eng., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 121. *Rotary Dryer* 419
Gambar 122. Skema *Rotary Dryer* 2 (D-02) 421
Gambar 123. Skema Alat *Rotary Dryer* 2 421
Gambar 124. Skema *Cyclone* (FG-01) 424
Gambar 125. Skema Pemisah *Cyclone* 424
Gambar 126. Skema Pengaduk *Premixing Tank* 439
Gambar 127. *Power Consumption as a Fuction Of Reynold* (Brown, 1950) 441
Gambar 128. Skema Pengaduk *Clarifier* 444
Gambar 129. Penentuan *Power Consumption as a Fuction Of Reynold* untuk *Clarifier* (Brown, 1950) 445
Gambar 130. Removal COD terhadap Waktu pada *Granular Activated Carbon* 452
Gambar 131. Skema Pengaduk Tangki Klorinasi 458
Gambar 132. Perancangan Pengaduk Tangki Klorinasi 459
Gambar 133. Penentuan Nilai Np Tangki Klorinasi 461
Gambar 134. Grafik Suhu terhadap Entalpi 466
Gambar 135. *Horsepower Chart for Induced-draft Cooling Tower* 472
Gambar 136. Grafik Penentuan K4 489
Gambar 137. Skema Pengaduk *Mixer Lime* 501
Gambar 138. Perancangan Pengaduk *Mixer Lime* 502
Gambar 139. Penentuan Nilai Np *Mixer Lime* 504
Gambar 140. Skema Pengaduk *Mixer* Natrium Karbonat 508
Gambar 141. Perancangan Pengaduk *Mixer* Natrium Karbonat 509
Gambar 142. Penentuan Nilai Np *Mixer* Natrium Karbonat 511
Gambar 143. Skema Pengaduk *Mixer* Alum 515
Gambar 144. Perancangan Pengaduk *Mixer* Alum 516
Gambar 145. Penentuan Nilai Np *Mixer* Alum 518