UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ii
PRAKATA iii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xv
TABEL PEMBAGIAN KERJA xxv
DAFTAR TABEL KODE DAN STANDAR xxviii
ABSTRACT xxix
INTISARI xxx
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Analisis Pasar 3
1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik 5
1.4. Pemilihan Proses 6
BAB II DESKRIPSI PROSES 15
2.1 Pretreatment Bahan Baku Silika (SiO_2) 15
2.2 Pembuatan Prekursor Silikon Tetraklorida ($SiCl_4$) 16
2.3 Pembuatan Nanosilika dengan *Flame Hydrolysis* 17
BAB III SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK 19
3.1. Bahan Baku 19
3.2. Bahan Pendukung 25
3.3. Produk 27
BAB IV DIAGRAM BLOK DAN *PROCESS FLOW DIAGRAM* 30
4.1. Diagram Alir Kualitatif 30
4.2. Diagram Alir Kuantitatif 31
4.3. *Process Flow Diagram* 32
BAB V NERACA MASSA 34
5.1. Neraca Massa *Overall* 34
5.2. Neraca Massa Alat 36
BAB VI NERACA PANAS 45
BAB VII SPESIFIKASI ALAT 55

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7.1. Daftar Alat Proses 55
7.2. Spesifikasi Alat Proses 58
BAB VIII UTILITAS 91
8.1. Unit Penyedia & Pengolahan Air 91
8.2. Unit Pembangkitan *Steam* 102
8.3. Unit Penyedia Udara 111
8.4. Unit Pembangkitan & Pendistribusian Listrik 121
8.5. Unit Pengolahan Limbah 126
8.6. Spesifikasi Alat Utilitas 133
BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN ANALISIS AREA 147
9.1. Tata Letak Pabrik 147
9.2. Studi Dispersi (Kebocoran Kritis) 153
9.3. Klasifikasi Area Hazardous 164
9.4. Analisis Layout vs Zona Risiko 165
BAB X ASPEK SAFETY, HEALTH, AND ENVIRONMENT (SHE) 167
10.1. *Safety, Health, and Environment* (SHE) Management 167
10.2. *Process Safety Management* (PSM) 168
10.3. *Environmental Management System* (EMS) 174
10.4. Struktur Organisasi Sistem Manajemen SHE 178
10.5. Identifikasi Hazard Bahan Kimia 181
10.6. Penanganan dan Mitigasi Paparan Bahan Kimia 198
10.7. Identifikasi Hazard Proses dan Peralatan 202
10.8. Identifikasi Hazard Limbah 247
10.9. Process Hazard Analysis : HAZOP 254
10.10. *Layer of Protection Analysis* (LOPA) 296
BAB XI ORGANISASI DAN MANAJEMEN 301
11.1. Bentuk Perusahaan 301
11.2. Struktur Organisasi 302
11.3. Tugas dan Wewenang 305
11.4. Pembagian Jam Kerja Karyawan 313
11.5. Perhitungan Kebutuhan Operator 314
11.6. Penggolongan Gaji Karyawan 316
11.7. Kualifikasi Karyawan 318
11.8. Kesejahteraan Sosial Karyawan 322

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

11.9. Manajemen Produksi 324
BAB XII ANALISIS EKONOMI 327
12.1. Perhitungan Indeks Harga 327
12.2. Harga Alat Proses dan Utilitas 331
12.3. Biaya *Raw Material, Sales*, dan Bahan Utilitas 341
12.4. Biaya Pekerja Pembangunan Pabrik 343
12.5. Penggajian Karyawan Operator 344
12.6. Harga Tanah, Bangunan, Listrik 345
12.7. Perhitungan *Fixed Capital* 345
12.8. Perhitungan Biaya Produksi (*Manufacturing Cost)* 347
12.9. Perhitungan Modal Kerja (*Working Capital*) 348
12.10. Perhitungan Pengeluaran Umum (*General Expenses*) 349
12.11. Analisis Keuntungan 350
12.12. Analisis Kelayakan *Profitability* 350
12.13. Analisis BEP dan SDP 353
12.14. Analisis DCFRR 357
12.15. Analisis Sensitivitas 360
BAB XIII KESIMPULAN 363
DAFTAR PUSTAKA 364
LAMPIRAN 369
LAMPIRAN ALAT PROSES 369
PENYIMPANAN 370
Gudang Silika (S-101) 370
Silo Karbon (S-102) 372
Silo Nanosilika (S-103) 376
Tangki Penyimpanan HCl (T-101) 377
Tangki Penyimpanan Nitrogen (T-102) 384
Tangki Penyimpanan Klorin (T-103) 385
Tangki Penyimpanan NaOH (T-104) 386
Tangki Penyimpanan Hidrogen (T-105) 387
Tangki Penyimpanan Produk HCl (T-106) 388
POMPA 389
Pompa Sentrifugal (P-101) 389
Pompa Sentrifugal (P-102) 390

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pompa Sentrifugal (P-103) 391
Pompa Sentrifugal (P-104) 392
Pompa Sentrifugal (P-105) 393
Pompa Sentrifugal (P-106) 407
Pompa Sentrifugal (P-107) 408
Pompa Sentrifugal (P-108) 409
KOMPRESOR 410
Kompresor (CP-101) 410
Kompresor (CP-102) 416
EXPANSION VALVE 417
Expansion Valve (EV-101) 417
Expansion Valve (EV-102) 418
Expansion Valve (EV-103) 419
PRESSURE REGULATOR 420
Pressure Regulator (PR-101) 420
Pressure Regulator (PR-102) 421
Pressure Regulator (PR-103) 422
Pressure Regulator (PR-104) 423
Pressure Regulator (PR-105) 424
HEAT EXCHANGER 431
Heat Exchanger (HE-101) 431
Heat Exchanger (HE-102) 433
Heat Exchanger (HE-103) 441
Heat Exchanger (HE-104) 459
Heat Exchanger (HE-105) 460
Heat Exchanger (HE-106) 462
Heat Exchanger (HE-107) 464
Heat Exchanger (HE-108) 465
VAPORIZER 467
Vaporizer Cl_2 (VAP-101) 467
Vaporizer $SiCl_4$ (VAP-102) 468
CONDENSER 484
Condenser $SiCl_4$ (CD-101) 484
BELT CONVEYOR 504

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Belt Conveyor (BC-101) 504
Belt Conveyor (BC-102) 505
Belt Conveyor (BC-103) 506
Belt Conveyor (BC-104) 507
Belt Conveyor (BC-105) 508
Belt Conveyor (BC-106) 509
SEPARATION UNIT 513
Knock Out Drum (KO-101) 513
Knock Out Drum (KO-102) 514
Knock Out Drum (KO-103) 525
Cyclone (CY-101) 526
Cyclone (CY-102) 527
Bag Filter (BF-101) 549
Bag Filter (BF-102) 551
Belt Filter (F-101) 561
Absorber HCl (ABS-101) 571
Scrubber Cl_2 (SR-101) 609
Scrubber HCl (SC-102) 610
MIXER 611
Mixer (M-101) 611
Solid Mixer (M-102) 623
REAKTOR 628
Fluidized Bed Reactor (R-101) 628
Flame Reactor (R-102) 660
Deacidifcation Unit (DA-101) 706
DRYER 737
ROTARY DRYER (D-101) 737
SIZE REDUCTION 743
Ball Mill (BM-101) 743
COMBUSTION UNIT 749
Furnace (FU-101) 749
Thermal Oxidizer (TO-101) 768
LAMPIRAN ALAT UTILITAS 775
Screener (S-201) 776

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tangki Penyimpanan Tawas (TK-201) 777
Tangki *Filtered Water* (TK-202) 782
Tangki Penyimpanan HCl (TK-203) 784
Tangki Penyimpanan NaOH (TK-204) 789
Tangki *Demineralized Water* (TK-205) 792
Tangki *Hydrazine* (TK-206) 797
Tangki Kondensat (TK-207) 800
Tangki Penyimpanan Klorin (TK-208) 802
Tangki Air Kebutuhan Umum (TK-209) 804
Mixer Tawas (M-201) 805
Premixing Tank (M-202) 810
Chlorination Tank (M-203) 815
Kolam Ekualisasi (B-201) 821
Kolam Sedimentasi (B-202) 823
Clarifier (B-203) 825
Cold Basin (B-204) 833
Hot Basin (B-205) 835
Sand Filter (F-201) 838
Carbon Filter (F-202) 840
Cation Exchanger (X-201) 843
Anion Exchanger (X-202) 851
Deaerator (DA-201) 858
Cooling Tower (CT-201) 861

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Rencana Lokasi Pabrik via Satelit 5
Gambar 2. Diagram Alir Kualitatif Pabrik Nanosilika Kapasitas 4200 ton/tahun 30
Gambar 3. Diagram Alir Kuantitatif Pabrik Nanosilika Kapasitas 4200 ton/tahun 31
Gambar 4. PEFD Pabrik Nanosilika Kapasitas 4200 ton/tahun (Halaman 1 dari 2) 32
Gambar 5. PEFD Pabrik Nanosilika Kapasitas 4200 ton/tahun (Halaman 2 dari 2) 33
Gambar 6. Process Flow Diagram Unit Pengolahan Air 101
Gambar 7. Ilustrasi Water Tube Boiler 103
Gambar 8. Ultimate Analysis Batubara (Nada dan Siregar, 2023) 110
Gambar 9. Process Flow Diagram Unit Penyedia Udara 115
Gambar 10. Grafik Humiditas Udara (Psychometric Chart) 116
Gambar 11. Spesifikasi Silica Gel 117
Gambar 12. Pemilihan Jenis Kompresor 119
Gambar 13. Grafik Efisiensi Reciprocating Compressor 120
Gambar 14. Tata Letak Keseluruhan Area Pabrik (Skala 1:1000) 148
Gambar 15. Jarak Antar Unit Proses Berdasarkan Standar GAPS 149
Gambar 16. Jarak Antar Peralatan Proses Berdasarkan Standar GAPS 150
Gambar 17. Jarak Antar Tangki Penyimpanan Berdasarkan Standar GAPS 150
Gambar 18. Tata Letak Area Proses 1 Lantai 1 (Skala 1 : 500) 151
Gambar 19. Tata Letak Area Proses 1 Lantai 2 (Skala 1 : 500) 151
Gambar 20. Tata Letak Area Proses 1 Lantai 3 (Skala 1 : 500) 152
Gambar 21. Tata Letak Area Proses 2 Lantai 1 152
Gambar 22. Tata Letak Area Proses 2 Lantai 2 153
Gambar 23. Tampilan Location Information pada ALOHA 155
Gambar 24. Data Koordinat Lokasi Tangki Klorin 155
Gambar 25. Foreign Location Input 155
Gambar 26. Tampilan Infiltration Building Parameters 156
Gambar 27. Data Chemical yang Dianalisis 156
Gambar 28. Menu Atmospheric Options 1 pada ALOHA 157
Gambar 29. Menu Atmospheric Options 2 pada ALOHA 157
Gambar 30. Tampilan Tank Size and Orientation 157
Gambar 31. Tampilan Chemical State and Temperature 158
Gambar 32. Tampilan Liquid Mass or Volume 158
Gambar 33. Tampilan Area and Type of Leak 158
Gambar 34. Tampilan Height of the Tank Opening 159
Gambar 35. Tampilan Text Summary pada ALOHA 159
Gambar 36. Tampilan Toxic Level of Concern 160
Gambar 37. ALOHA Dispersion Scenario – Chlorine Release 160
Gambar 38. Skema Tingkatan AEGLs 162

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 39. Hasil Analisis Toxic Threat Zone 162
Gambar 40. Hasil Jarak Toxic Threat Zone 163
Gambar 41. Grafik Konsentrasi Klorin Pada Source Point 163
Gambar 42. Klasifikasi Area Hazardous Pabrik 164
Gambar 43. Ilustrasi Zona Risiko pada Layout Pabrik Nanosilika 165
Gambar 44. Struktur Organisasi Manajemen SHE 179
Gambar 45. Studi Nodes pada Reaktor Klorinasi (R-101) dan Furnace (FU-101) 255
Gambar 46. Skema Pemasangan Safeguard pada Furnace dan Reaktor Klorinasi 296
Gambar 47. Diagram Struktur Organisasi Perusahaan 304
Gambar 48. Hubungan Tahun terhadap Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) 329
Gambar 49. Grafik Evaluasi Ekonomi terhadap Kapasitas Produksi 357
Gambar 50. Cashflow Pabrik Nanosilika 360
Gambar 51. Hubungan Perubahan Nilai Varibel terhadap Perubahan DCFRR 361
Gambar 52. Skema Desain Silo 373
Gambar 53. Penentuan nilai Allowable Stress Bahan Silo Karbon 374
Gambar 54. Ukuran Standar Dimensi Tangki Penyimpanan HCl 10% (T-101) 379
Gambar 55. Pemilihan Bahan Konstruksi Shell Tangki Penyimpanan HCl (T-101) 379
Gambar 56. Skema Conical Head 381
Gambar 57. Penentuan Spesifikasi Pipa 396
Gambar 58. Penentuan Panjang Ekuivalen 398
Gambar 59. Penentuan Relative Roughness 400
Gambar 60. Penentuan Nilai Faktor Friksi 400
Gambar 61. Penentuan Spesifikasi Pompa Sentrifugal 402
Gambar 62. Penentuan Efisiensi Pompa 403
Gambar 63. Penentuan Efisiensi Motor 403
Gambar 64. Compressor Operating Ranges 411
Gambar 65. Penentuan Efisiensi Motor 413
Gambar 66. Aprroximate Efficiency 414
Gambar 67. Standar HP Sesuai NEMA 415
Gambar 68. Penentuan Entalpi pada Suhu 34,357 ºC dan Tekanan 30 atm 428
Gambar 69. Penentuan Entalpi pada Tekanan 1 atm 428
Gambar 70. Penentuan Spesifikasi Pipa pada Perhitungan Pressure Regulator 429
Gambar 71. Skema Alat Heat Exchanger 101 431
Gambar 72. Skema Double Pipe HE-102 433
Gambar 73. Illustrasi Aliran pada Double Pipe Heat Exchanger 434
Gambar 74. Approximate Overall Design Coefficients 448
Gambar 75. Equivalent Diameter 451
Gambar 76. Shell-side Heat-transfer Curve 452
Gambar 77. Heat Exchanger and Condenser Tube Data 452
Gambar 78. Tube-side Heat-transfer Curve 454

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 79. Shell-side Friction Factors 456
Gambar 80. Tube-side Friction Factors 457
Gambar 81. Skema Condenser (CD-101) 484
Gambar 82. Skema Perubahan Suhu Pada Condenser (CD-101) 493
Gambar 83. Layout Shell and Tube Heat Exchanger 497
Gambar 84. Segitiga Perhitungan Panjang Belt Conveyor 510
Gambar 85. Skema Cyclone Separator (CY-102) 527
Gambar 86. Dimensi Standar High Efficiency Cyclone 534
Gambar 87. Faktor Perhitungan Pressure Drop Cyclone 537
Gambar 88. Kurva Distribusi Ukuran Partikel Berdasarkan Fraksi Massa 539
Gambar 89. Grafik Hubungan Antara Diameter Partikel dengan Efisiensi Cyclone 542
Gambar 90. Skema Desain Hopper 544
Gambar 91. Desain Cyclone (a) Tampak Atas (b) Tampak Depan (c) Tampak Samping 548
Gambar 92. Skema Sederhana dari Alat Absorber 572
Gambar 93. Daftar Nilai Densitas pada Berbagai Konsentrasi di Suhu 35 °C 575
Gambar 94. Data Viskositas Larutan HCl dari Literatur 576
Gambar 95. Garis Operasi dan Garis Kesetimbangan pada Absorpsi HCl-H2O 581
Gambar 96. Nilai HTU Untuk Random Packings (Coulson & Richardson) 582
Gambar 97. Data Perancangan untuk Berbagai Jenis Packing 584
Gambar 98. Generalized Pressure Drop Correlation (GPDC) Chart 586
Gambar 99. Dimensi Pipa Standar (Kern, 1965) 590
Gambar 100. Skema Ellipsoidal Dished Head (Brownell, 1979) 592
Gambar 101. Dimensi Straight Flange Untuk Ellipsoidal Dished Head (Brownell, 1979) 594
Gambar 102. Data Berbagai Parameter Udara 600
Gambar 103. Data Total Emissivity 601
Gambar 104. Skema Orifice-Type Distributor (Sinnott, 2005) 604
Gambar 105. Skema Weir-Trough Type Distributor (Sinnott, 2005) 604
Gambar 106. Skema Grid Type Support Plate (Ludwig, 1995) 605
Gambar 107. Illustrasi Menara Absorber 607
Gambar 108. Illustrasi Flat Head (Brownell, 1959) 616
Gambar 109. Illustrasi Head Mixer M-101 (Brownell, 1959) 617
Gambar 110. Skema Fluidized Bed Reactor 628
Gambar 111. Hubungan ln k vs 1/T untuk Reaksi SiO2 631
Gambar 112. Profil Konversi di Fluidized Bed Reactor terhadap Tinggi Reaktor 643
Gambar 113. Profil Temperatur di Fludized Bed Reactor terhadap Tinggi Reaktor 643
Gambar 114. Hasil Pemrograman Fluidized Bed Reactor 644
Gambar 115. Illustrasi Head untuk R-101 645
Gambar 116. Illustrasi Flange Nozzle Tipe Welding Neck Flanges 649
Gambar 117. Illustrasi Pitch Perforated Plate 652
Gambar 118. Grafik Grid Hole Discharge Coefficient (Werther & Karri, 2003) 654

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 119. Ketebalan Cover-Plate dan Bolting-flange Manhole 655
Gambar 120. Spesifikasi Dimensi Manhole (Brownell & Young, 1959) 655
Gambar 121. Tampilan Tampak Atas dan Bawah R-101 (dalam mm) 658
Gambar 122. Tampilan R-101 Tampak Depan (dalam mm) 659
Gambar 123. Skema Flame Reactor 660
Gambar 124. Ilustrasi Cone Section 696
Gambar 125. Burner Tampak Atas 702
Gambar 126. Burner Tampak Samping 702
Gambar 127. Penempatan Nozzle Udara Quench pada Flame Reactor 703
Gambar 128. Flame Reactor Tampak Atas (tanpa Refractory) 703
Gambar 129. Flame Reactor Tampak Atas 704
Gambar 130. Flame Reactor Tampak Samping (tanpa Refractory, dalam mm) 705
Gambar 131. Skema Deacidification Unit 706
Gambar 132. Grafik Hubungan Tinggi Kolom Reaktor dengan Konversi Si-Cl 717
Gambar 133. Grafik Hubungan Suhu sebagai Fungsi dari Tinggi DA-101 718
Gambar 134. Hasil Pemrograman untuk Deacidification Unit (DA-101) 718
Gambar 135. Grafik Fitting Data Penelitian Flesch dkk (2008) 718
Gambar 136. Illustrasi Head untuk DA-101 720
Gambar 137. Illustrasi Flange Nozzle Tipe 150-lb Forged Slip-On 724
Gambar 138. Illustrasi Isolasi Dinding Reaktor 725
Gambar 139. Illustrasi Pitch Perforated Plate (Sumber: Yang dkk, 2003) 730
Gambar 140. Grafik Grid Hole Discharge Coefficient 732
Gambar 141. Spesifikasi Manhole (Brownell & Young, 1959) 733
Gambar 142. Spesifikasi Dimensi Manhole (Brownell & Young, 1959) 733
Gambar 143. Illustrasi DA-101 Tampak Atas dan Bawah (satuan dalam mm) 735
Gambar 144. Illustrasi DA-101 Tampak Depan (satuan dalam mm) 736
Gambar 145. Penentuan Humiditas dalam Udara Bebas di Gresik 737
Gambar 146. Penentuan Wet Bulb Temperature dan Humid Heat Udara pada 393,15 K 738
Gambar 147. Pemilihan Spesifikasi Ball Mill 744
Gambar 148. Pemilihan Nilai Working Index (W_i) 746
Gambar 149. Absorption Efficiency of the Tube Bank 753
Gambar 150. Partial Pressure of CO_2 plus H_2O in Flue Gas 756
Gambar 151. Gas Emissivity 757
Gambar 152. Overall Radiant Exchange Factor 758
Gambar 153. Heat Content of Flue Gas 759
Gambar 154. Total Heat Absorption in the Radiant Section 760
Gambar 155. Flue Gas Convection Coefficients 763
Gambar 156. Gas Radiation Coefficients 764
Gambar 157. Koefisien Panas Total Perpindahan Panas 765
Gambar 158. Skema Screener 776

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 159. Skema Perancangan Head Tangki Penyimpanan Tawas (TK-201) 779
Gambar 160. Skema Filtered Water Tank..... 782
Gambar 161. Skema Tangki Penyimpanan HCl 784
Gambar 162. Dimensi Tangki Penyimpanan HCl 5% 785
Gambar 163. Bentuk Conical Head..... 787
Gambar 164. Skema Tangki Air Demineralisasi..... 792
Gambar 165. Dimensi Tangki Air Demineralisasi..... 793
Gambar 166. Bentuk Conical Head..... 795
Gambar 167. Skema Tangki Kondensat..... 800
Gambar 168. Skema Tangki Penyimpanan Klorin..... 802
Gambar 169. Skema Mixer Tawas..... 805
Gambar 170. Skema Layout Pengaduk pada Mixer Tawas/Alum 806
Gambar 171. Penentuan Nilai N_P Mixer Alum/Tawas (Garis Merah)..... 808
Gambar 172. Skema Premixing Tank 810
Gambar 173. Skema Layout Pengaduk pada Premixing Tank..... 812
Gambar 174. Penentuan Power Consumption Pengaduk..... 812
Gambar 175. Skema Pengaduk Chlorination Tank (M-203) 817
Gambar 176. Penentuan Power Number (N_P) pada Chlorination Tank (M-203) 819
Gambar 177. Skema Clarifier..... 825
Gambar 178. Dimensi Impeller pada Clarifier..... 826
Gambar 179. Power Consumption of Agitators 827
Gambar 180. Power Number of Agitators..... 829
Gambar 181. Skema Cold Basin 833
Gambar 182. Skema Hot Basin 835
Gambar 183. Skema Sand Filter..... 838
Gambar 184. Skema Alat Cation Exchanger..... 843
Gambar 185. Data Ion Exchanger Capacity Resin Asam Kuat..... 844
Gambar 186. Data Desain untuk Fixed Bed Ion Exchanger 846
Gambar 187. Bentuk Ellipsoidal Head..... 848
G**ambar 188.** Data Exchanger Capacity Resin pada Anion Exchanger..... 851
Gambar 189. Jenis Regenerant pada Ion exchanger..... 856
Gambar 190. Skema Cooling Tower CT-201 861
Gambar 191. Psychrometric Chart 863
Gambar 192. Grafik Garis Kesetimbangan dan Garis Operasi pada Cooling Tower 867
Gambar 193. Sizing Chart untuk Penentuan Fluks Massa Air..... 868
Gambar 194. Horsepower Chart for Cooling Tower..... 874

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel I. Pembagian Kerja Alat Proses xxv
Tabel II. Daftar Kode dan Standar yang Digunakan dalam Perancangan xxviii
Tabel III. Perbandingan Ketiga Metode Pembuatan Nanosilika dari Silika..... 10
Tabel IV. Kriteria Evaluasi Teknologi Produksi Fumed Nanosilica 12
Tabel V. Perbandingan Skor Metode Produksi Fumed Nanosilica..... 14
Tabel VI. Senyawa yang Terkandung dalam Bahan Baku Silika 19
Tabel VII. Berat Molekul Relatif Senyawa 34
Tabel VIII. Neraca Massa Total 35
Tabel IX. Neraca Massa pada Mixing Tank (M-101)..... 36
Tabel X. Neraca Massa pada Horizontal Belt Filter (F-101) 36
Tabel XI**.** Neraca Massa pada Rotary Dryer (D-101) 37
Tabel XII. Neraca Massa pada *Solid Mixer* (M-102) 38
Tabel XIII. Neraca Massa di Knock Out Drum (KO-101)..... 38
Tabel XIV. Neraca Massa pada Fluidized Bed Reactor (R-101)..... 38
Tabel XV. Neraca Massa pada Cyclone (CY-101)..... 39
Tabel XVI. Neraca Massa pada Bag Filter (BF-101) 39
Tabel XVII. Neraca Massa pada Knock Out Drum (KO-101)..... 40
Tabel XVIII. Neraca Massa pada Scrubber (SC-101)..... 40
Tabel XIX. Neraca Massa pada Thermal Oxidizer (TO-101) 41
Tabel XX. Neraca Massa pada Knock Out Drum (KO-103) 41
Tabel XXI. Neraca Massa pada Flame Hydrolysis Reactor (R-02)..... 41
Tabel XXII. Neraca Massa pada Deacidification Unit (DA-101) 42
Tabel XXIII. Neraca Massa pada Cyclone (CY-102) 42
Tabel XXIV. Neraca Massa pada Bag Filter (BF-012) 43
Tabel XXV. Neraca Massa pada Absorber (ABS-101) 43
Tabel XXVI. Neraca Massa pada Scrubber (SR-102) 43
Tabel XXVII. Neraca Panas pada Heat Exchanger (HE-101)..... 45
Tabel XXVIII. Neraca Panas pada Mixing Tank (M-101)..... 45
Tabel XXIX. Neraca Panas pada HE-102..... 46
Tabel XXX. Neraca Panas pada Heat Exchanger (HE-103)..... 46
Tabel XXXI**.** Neraca Panas pada Rotary Dryer (D-101) 47
Tabel XXXII. Neraca Panas pada Vaporizer Cl_2 (VAP-101)..... 47
Tabel XXXIII**.** Neraca Panas pada Furnace (F-101)..... 48
Tabel XXXIV. Neraca Panas pada Fluidized Bed Reactor (R-101)..... 48
Tabel XXXV. Neraca Panas pada Heat Exchanger (HE-104)..... 48
Tabel XXXVI. Neraca Panas pada Condenser (CD-101)..... 49
Tabel XXXVII. Neraca Panas pada Heat Exchanger (HE-105)..... 49
Tabel XXXVIII. Neraca Panas pada Scrubber (SR-101)..... 50

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel XXXIX. Neraca Panas pada Thermal Oxidizer (TO-101) 50
Tabel XL. Neraca Panas pada Vaporizer (VAP-102) 51
Tabel XLI. Neraca Panas pada Heat Exchanger (HE-106) 51
Tabel XLII. Neraca Panas pada Flame Hydrolysis Reactor (R-102) 52
Tabel XLIII. Neraca Panas pada Quencher 52
Tabel XLIV. Neraca Panas di Deacidification Unit 53
Tabel XLV. Neraca Panas pada Cooler (HE-108) 53
Tabel XLVI. Neraca Panas pada Absorber (ABS-101) 54
Tabel XLVII. Daftar Perancangan Alat Proses 55
Tabel XLVIII. Kebutuhan Air untuk Kebutuhan Umum 91
Tabel XLIX. Kebutuhan Air untuk Proses 92
Tabel L. Kebutuhan Air Pendingin 92
Tabel LI. Kebutuhan Air untuk *Boiler Feed Water* 93
Tabel LII. Parameter Air Sungai di Surabaya (Asrori, 2021) 94
Tabel LIII. Rincian Kebutuhan Steam pada Unit Proses 102
Tabel LIV. Kondisi Operasi Deaerator 105
Tabel LV. Dimensi Tangki Deaerator 107
Tabel LVI. Kondisi Operasi Boiler 108
Tabel LVII. Data Entalpi Boiler 109
Tabel LVIII. Komposisi *Flue Gas* Boiler 110
Tabel LIX. Ringkasan Hasil Perancangan Boiler 111
Tabel LX. Kebutuhan Udara Proses 112
Tabel LXI. Kebutuhan Udara Instrumen 113
Tabel LXII. Kebutuhan Udara Total 114
Tabel LXIII. Rincian Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses 122
Tabel LXIV. Rincian Kebutuhan Listrik untuk Alat Utilitas 123
Tabel LXV. Data Komponen Limbah Cair dari Proses Produksi Nanosilika 128
Tabel LXVI. Baku Mutu Limbah Cair 129
Tabel LXVII. Nilai Ambang Batas Limbah Gas 131
Tabel LXVIII. Data Komposisi Limbah Gas di Proses Produksi 132
Tabel LXIX. Komposisi Flue Gas Keluar Unit Boiler 133
Tabel LXX. Data Meteorologi Kecamatan Kebomas, Gresik, Jawa Timur 154
Tabel LXXI. Data Detail Pelepasan Gas Klorin 161
Tabel LXXII**.** Hasil Simulasi Threat Zone Gas Klorin 163
Tabel LXXIII**.** Identifikasi Hazard Bahan Kimia 181
Tabel LXXIV**.** Jenis Alat Pelindung Diri 199
Tabel LXXV**.** Identifikasi Hazard Peralatan Proses 202
Tabel LXXVI**.** Identifikasi Hazard Peralatan Utilitas 222
Tabel LXXVII**.** Identifikasi Bahaya Paparan Bahan Kimia 230
Tabel LXXVIII**.** Identifikasi Potensi Bahaya Paparan Fisis 237

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel LXXIX**.** Identifikasi Hazard Plant Layout dan Lokasi Proses 239
Tabel LXXX**.** Identifikasi Hazard Emisi Gas 247
Tabel LXXXI**.** Identifikasi Hazard Limbah Cair 249
Tabel LXXXII. Identifikasi Hazard Limbah Padat 252
Tabel LXXXIII. Nilai Frekuensi Inisiasi dari Skenario Bahaya 297
Tabel LXXXIV**.** Identifikasi Independent Protection Layer 298
Tabel LXXXV**.** Perhitungan Risiko Residual (Crowl and Louvar, 2019) 300
Tabel LXXXVI. Pembagian Jadwal Karyawan Shift Hari 1-15 314
Tabel LXXXVII. Pembagian Jadwal Karyawan Shift Hari 16-30 314
Tabel LXXXVIII. Hasil Perhitungan Jumlah Operator Unit Proses 315
Tabel LXXXIX. Hasil Perhitungan Jumlah Operator Unit Utilitas 315
Tabel XC. Penggolongan Gaji Karyawan Pabrik Nanosilika 317
Tabel XCI. Kualifikasi Tiap Jabatan 318
Tabel XCII. Data Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) 328
Tabel XCIII. Hasil Ekstrapolasi CEPCI 330
Tabel XCIV. Perhitungan Harga Alat Proses 332
Tabel XCV. Perhitungan Harga Alat Utilitas 337
Tabel XCVI. Harga Bahan Baku Proses 341
Tabel XCVII. Harga Bahan Baku Utilitas 342
Tabel XCVIII. Harga Jual Produk 343
Tabel XCIX. Perhitungan Fixed Capital 345
Tabel C. Perhitungan Manufacturing Cost 347
Tabel CI. Perhitungan Working Capital 348
Tabel CII. Perhitungan General Expenses 349
Tabel CIII. Annual Fixed Expenses 355
Tabel CIV. Annual Regulated Expenses 355
Tabel CV. Annual Variable Expenses 355
Tabel CVI. Harga Penjualan Produk (Sales) 356
Tabel CVII. Kumpulan Data dalam Perhitungan DCFRR 358
Tabel CVIII. Perhitungan Cashflow Pabrik Nanosilika 359
Tabel CIX. Perhitungan DCFRR 360
Tabel CX. Kesimpulan Hasil Desain Gudang Silika S-101 371
Tabel CXI. Kesimpulan Spesifikasi Silo Penyimpanan Karbon (S-102) 375
Tabel CXII. Hasil Perancangan Silo Penyimpanan Nanosilika (S-103) 376
Tabel CXIII. Tebal *Shell* Tangki Penyimpanan HCl 10% (T-101) 380
Tabel CXIV. Kesimpulan Perancangan Tangki Penyimpanan HCl 10% (T-101) 383
Tabel CXV. Kesimpulan Hasil Desain Tangki Penyimpanan Nitrogen 384
Tabel CXVI. Kesimpulan Perancangan Tangki Penyimpanan Cl_2 (T-103) 385
Tabel CXVII. Kesimpulan Hasil Desain Tangki Penyimpanan Larutan NaOH 5% 386
Tabel CXVIII. Kesimpulan Perancangan Tangki Penyimpanan H_2 (T-105) 387

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CXIX. Kesimpulan Perancangan Tangki Penyimpanan Produk HCl (T-106) 388
Tabel CXX. Kesimpulan Hasil Desain Pompa P-101 389
Tabel CXXI. Kesimpulan Perancangan Pompa Sentrifugal (P-102) 390
Tabel CXXII. Kesimpulan Desain Pompa (P-103) 391
Tabel CXXIII. Kesimpulan Hasil Desain Pompa P-104 392
Tabel CXXIV. Data dan Hasil Perhitungan Densitas Cairan 393
Tabel CXXV. Data dan Hasil Perhitungan Viskositas Cairan 394
Tabel CXXVI. Data Perhitungan Tekanan Uap Cairan 394
Tabel CXXVII. Data untuk Perhitungan Nilai Head Pompa 398
Tabel CXXVIIII. Hasil Perhitungan Head 401
Tabel CXXIXII. Kesimpulan Desain Pompa (P-105) 406
Tabel CXXX. Kesimpulan Perancangan P-106 407
Tabel CXXXIIII. Kesimpulan Perancangan Pompa (P-107) 408
Tabel CXXXIIIV. Kesimpulan Desain Pompa (P-108) 409
Tabel CXXXIII. Data Aliran Gas Input CP-101 410
Tabel CXXXIV. Data Kapasitas Panas Tiap Komponen 412
Tabel CXXXV. Kesimpulan Hasil Perhitungan Kompresor CP-101 415
Tabel CXXXVI. Kesimpulan Hasil Perhitungan Kompresor CP-102 416
Tabel CXXXVII. Kesimpulan Perancangan Expansion Valve (EV-101) 417
Tabel CXXXVIII. Kesimpulan Desain *Expansion Valve* (EV-102) 418
Tabel CXXXIX. Kesimpulan Desain *Expansion Valve* (EV-103) 419
Tabel CXL. Kesimpulan Desain *Pressure Regulator* (PR-101) 420
Tabel CXLI. Kesimpulan Desain *Pressure Regulator* (PR-102) 421
Tabel CXLII. Kesimpulan Desain *Pressure Regulator* (PR-103) 422
Tabel CXLIII. Kesimpulan Desain Pressure Regulator (PR-104) 423
Tabel CXLIV. Data Komponen Campuran Gas H_2 424
Tabel CXLV. Data Suhu dan Tekanan Kritis H_2 dan O_2 425
Tabel CXLVI. Data Konstanta Perhitungan Viskositas Campuran 426
Tabel CXLVII. Perhitungan Viskositas Komponen 427
Tabel CXLVIII. Perhitungan Kontribusi Viskositas Campuran 427
Tabel CXLIX. Data Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Campuran 427
Tabel CL. Data Perhitungan Kapasitas Panas Campuran 428
Tabel CLI. Kesimpulan Desain Pressure Regulator (PR-105) 429
Tabel CLII. Kesimpulan Hasil Desain Heat Exchanger 101 431
Tabel CLIII. Data Komponen Cold Fluid pada HE-102 433
Tabel CLIV. Data Komponen Hot Fluid pada HE-102 434
Tabel CLV. Spesifikasi Annulus dan Inner Pipe Pada HE-102 436
Tabel CLVI. Alur Perhitungan Dirt Factor Pada HE-102 437
Tabel CLVII. Alur Perhitungan Nilai Pressure Drop Pada HE-102 439
Tabel CLVIII. Kesimpulan Perancangan Heat Exchanger (HE-102) 440

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CLIX. Neraca Massa Komponen HE-103 441
Tabel CLX. Parameter Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas *Steam* Pemanas 443
Tabel CLXI. Parameter Konstanta Perhitungan Viskositas *Saturated Steam* 444
Tabel *CLXII*. Perhitungan Densitas *Steam Pemanas* 445
Tabel CLXIII. Densitas Udara Atmosfer 445
Tabel CLXIV. Parameter Konstanta Konduktivitas Termal *Steam* 446
Tabel CLXV. Penentuan Desain Awal HE-103 449
Tabel CLXVI. Kesimpulan Hasil Desain *Heat Exchanger* 103 458
Tabel CLXVII**.** Kesimpulan Hasil Perancangan Heat Exchanger (HE-104) 459
Tabel CLXVIII. Kesimpulan Hasil Desain Heat Exchanger (105) 460
Tabel CLXIX. Kesimpulan Perancangan HE-106 462
Tabel CLXX. Kesimpulan Perancangan HE-107 464
Tabel CLXXI. Kesimpulan Perancangan HE-108 465
Tabel CLXXII. Kesimpulan Perancangan VAP-101 467
Tabel CLXXIII. Data Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas $SiCl_4$ Cair 469
Tabel CLXXIV. Hasil Panas *Preheating* $SiCl_4$ Cair 469
Tabel CLXXV. Konstanta Perhitungan Densitas Fluida Dingin 472
Tabel CLXXVI. Perhitungan Viskositas $SiCl_4$ dan H_2O Cair 473
Tabel CLXXVII. Perhitungan Viskositas Gas H_2O 473
Tabel CLXXVIII. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas $SiCl_4$ 474
Tabel CLXXIX. Konstanta Perhitungan Konduktivitas Panas $SiCl_4$ 474
Tabel CLXXX. *Layout Double Pipe Vaporizer* 475
Tabel CLXXXI. Perhitungan Total Clean Surface 476
Tabel CLXXXII. Kesimpulan Perancangan *Vaporizer* VAP-102 483
Tabel CLXXXIII. Neraca Massa *Condenser* (CD-101) 484
Tabel CLXXXIV. Hasil Perhitungan Densitas Senyawa Pada Fluida Panas 485
Tabel CLXXXV. Konstanta Perhitungan Viskositas Fluida Panas 486
Tabel CLXXXVI. Hasil Perhitungan Viskositas Senyawa Pada Fluida Panas 486
Tabel CLXXXVII. Perhitungan Parameter Viskositas Campuran Fluida Panas 487
Tabel CLXXXVIII. Hasil Perhitungan Viskositas Campuran Pada Fluida Panas 487
Tabel CLXXXIX. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Fluida Panas 488
Tabel CXC. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Pada Fluida Panas 488
Tabel CXCI. Konstanta Perhitungan Konduktivitas Panas Fluida Panas 489
Tabel CXCII. Hasil Perhitungan Viskositas Senyawa Pada Fluida Panas 489
Tabel CXCIII. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Pada Fluida Panas 490
Tabel CXCIV. Konstanta Perhitungan Densitas Fluida Dingin 491
Tabel CXCV. Konstanta Perhitungan Viskositas Fluida Dingin 491
Tabel CXCVI. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Fluida Dingin 492
Tabel CXCVII. Konstanta Perhitungan Konduktivitas Panas Fluida Panas 492
Tabel CXCVIII. Hasil Perhitungan Pada *Section Precooling* 498

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CXCIX. Hasil Perhitungan Pada *Section Condensing* 500
Tabel CC. Hasil Perhitungan *Pressure Drop* 502
Tabel CCI. Kesimpulan Perancangan *Condenser* (CD-101) 502
Tabel CCII. Kesimpulan Hasil Desain *Belt Conveyor* 101 504
Tabel CCIII. Hasil Perancangan *Belt Conveyor* (BC-102) 505
Tabel CCIV. Hasil Perancangan *Belt Conveyor* (BC-103) 506
Tabel CCV. Hasil Perancangan *Belt Conveyor* (BC-104) 507
Tabel CCVI. Hasil Perancangan *Belt Conveyor* (BC-105) 508
Tabel CCVII. Hasil Perhitungan Densitas Padatan 509
Tabel CCVIII. Hasil Perancangan *Belt Conveyor* (BC-106) 512
Tabel CCIX. Kesimpulan Hasil Desain KO-101 513
Tabel CCX. Konstanta Antoine Komponen KO-102 514
Tabel CCXI. Hasil Perhitungan *Vapor Pressure* KO-102 515
Tabel CCXII. Hasil Perhitungan Penentuan Kondisi Umpan KO-102 515
Tabel CCXIII. Hasil Perhitungan *Flash Calculation* KO-102 516
Tabel CCXIV. Hasil Perhitungan Laju Massa tiap Komponen KO-102 516
Tabel CCXV. Kesimpulan Hasil Desain KO-102 524
Tabel CCXVI. Kesimpulan Hasil Desain KO-103 525
Tabel CCXVII. Kesimpulan Hasil Desain *Cyclone* 101 526
Tabel CCXVIII. Hasil Perhitungan Densitas Fase Gas 528
Tabel CCXIX. Konstanta Perhitungan Viskositas Fase Gas 529
Tabel CCXX. Hasil Perhitungan Viskositas Fase Gas 529
Tabel CCXXI. Perhitungan Parameter Viskositas Campuran Fase Gas 530
Tabel CCXXII. Hasil Perhitungan Viskositas Campuran Pada Fase Gas 530
Tabel CCXXIII. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Gas 530
Tabel CCXXIV. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Pada Fase Gas 531
Tabel CCXXV. Konstanta Perhitungan Konduktivitas Panas Gas 531
Tabel CCXXVI. Hasil Perhitungan Viskositas Senyawa Pada Fase Gas 532
Tabel CCXXVII. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Pada Fase Gas 532
Tabel CCXXVIII. Hasil Perhitungan Distribusi Ukuran Partikel Nanosilika 539
Tabel CCXXIX. Hasil Perhitungan Efisiensi *Cyclone* Pada Setiap Ukuran Partikel 541
Tabel CCXXX. Hasil Perancangan Cyclone (CY-102) 547
Tabel CCXXXIV. Kesimpulan Perancangan *Bag Filter* (BF-101) 549
Tabel CCXXXII. Hasil Perhitungan Densitas Fase Gas 552
Tabel CCXXXIII. Konstanta Perhitungan Viskositas Fase Gas 552
Tabel CCXXXIV. Hasil Perhitungan Viskositas Fase Gas 552
Tabel CCXXXV. Perhitungan Parameter Viskositas Campuran Fase Gas 553
Tabel CCXXXVI. Hasil Perhitungan Viskositas Campuran Pada Fase Gas 553
Tabel CCXXXVII. Kesimpulan Perancangan *Bag Filter* (BF-102) 560
Tabel CCXXXVIII. Perhitungan Komposisi Umpan F-101 561

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CCXXXIX. Perhitungan Komposisi Filtrat F-101 561
Tabel CCXL. Perhitungan Komposisi *Cake* 562
Tabel CCXLI. Hasil Perancangan Belt Filter (F-101) 570
Tabel CCXLII. Komposisi Arus Gas Masuk Absorber 572
Tabel CCXLIII. Data Hasil Perhitungan Viskositas Gas 574
Tabel CCXLIV. Komposisi Solven HCl-Air 575
Tabel CCXLV. Data Hasil Perhitungan Berat Molekul Solven 577
Tabel CCXLVI. Data Hasil Perhitungan Diameter Optimum Pipa 589
Tabel CCXLVII. Ukuran Grid Plate 605
Tabel CCXLVIII. Kesimpulan Perancangan ABS-101 608
Tabel CCXLIX. Kesimpulan Hasil Desain Scrubber 101 609
Tabel CCL. Kesimpulan Hasil Desain *Scrubber* 102 610
Tabel CCLI. Rule of Thumb Impeller (Brownell) 620
Tabel CCLII. Kesimpulan Perancangan Mixer M-101 622
Tabel CCLIII. Komposisi Umpan Solid Mixer (M-101) 623
Tabel CCLIV. Hasil Perhitungan Densitas Campuran pada *Solid Mixer* (M101) 624
Tabel CCLV. Kesimpulan Hasil Desain M-101 627
Tabel CCLVI. Hasil Perhitungan Regresi Linear Kinetika Reaksi SiO_2 632
Tabel CCLVII. Reaksi Stoikiometris Al_2O_3 634
Tabel CCLVIII. Reaksi Stoikiometris SiO_2 634
Tabel CCLIX. Konstanta Tiap Komponen Untuk Kapasitas Panas 635
Tabel CCLX. Konstanta Komponen dan Perhitungan Viskositas Gas 635
Tabel CCLXI. Komponen dan Densitas dari Aliran *Input* Padatan 647
Tabel CCLXII. Spesifikasi Pipa Standar *Input* Padatan 647
Tabel CCLXIII. Komponen Aliran *Input* Gas 647
Tabel CCLXIV. *Spesifikasi Pipa Standar* Input *Gas* 648
Tabel CCLXV. Komponen Aliran *Output* 648
Tabel CCLXVI. Spesifikasi Pipa Standar *Output* Reaktor 648
Tabel CCLXVII. Spesifikasi Ukuran *Flange Nozzle* 649
Tabel CCLXVIII. Spesifikasi Udara pada Tekanan Atmosferis 650
Tabel CCLXIX. *Trial and Error* Tebal Isolasi 652
Tabel CCLXX. *Trial* and *Error* Diameter Lubang *Plate* 654
Tabel *CCLXXI*. Kesimpulan Desain R-101 656
Tabel CCLXXII. Perbandingan Jumlah Mol Reaksi Hidrolisis Sesuai Stoikiometri 662
Tabel CCLXXIII. Jumlah Mol Reaksi 1 di Flame Reactor 664
Tabel CCLXXIV. Jumlah Mol Reaksi 2 di Flame Reactor 665
Tabel CCLXXV. Neraca Massa Senyawa di Flame Reactor 665
Tabel CCLXXVI. Jumlah Mol Senyawa di Flame Reaktor 666
Tabel CCLXXVII. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Input Fase Gas 666
Tabel CCLXXVIII. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Senyawa Output 667

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CCLXXIX. Nilai Entalpi Senyawa Input di Flame Reactor 667
Tabel CCLXXX. Nilai Entalpi Senyawa Output di Flame Reactor 668
Tabel CCLXXXI. Data Panas Pembentukan Senyawa di Flame Reactor 668
Tabel CCLXXXII. Panas Reaksi di Flame Reactor 669
Tabel CCLXXXIII. Nilai Entalpi Udara Input di Quencher 670
Tabel CCLXXXIV. Nilai Entalpi Senyawa Output di Quencher 670
Tabel CCLXXXV. Perhitungan T_{mix} Udara dan Nitrogen pada Flame Reactor 673
Tabel CCLXXXVI. Diameter Ekuivalen dan Velocity Aliran pada Burner 674
Tabel CCLXXXVII. Perhitungan Berat Molekul Arus Oksidator 678
Tabel CCLXXXVIII. Perhitungan Viskositas Gas $SiCl_4$ 679
Tabel CCLXXXIX. Perhitungan Viskositas Gas H_2 679
Tabel CCXC. Perhitungan Viskositas Senyawa pada Arus Oksidator 679
Tabel CCXCI. Data Perhitungan Viskositas Gas Campuran Arus Oksidator 679
Tabel CCXCII. Perhitungan Viskositas Arus Oksidator 679
Tabel CCXCIII. Perhitungan T_{mix} Aliran Input pada Flame Reactor 680
Tabel CCXCIV. Perhitungan Fraksi Mol Komponen Aliran Input pada Flame Reactor 681
Tabel CCXCV. Perhitungan Berat Molekul Campuran Aliran Input pada Flame Reactor 681
Tabel CCXCVI. Perhitungan Laju Alir Massa Input pada Setiap Burner 681
Tabel CCXCVII. Perhitungan Viskositas Gas Campuran pada Setiap Burner 682
Tabel CCXCVIII. Data Perhitungan Gas Campuran pada Setiap Burner 682
Tabel CCXCIX. Data Perhitungan Viskositas Gas Campuran pada Setiap Burner 683
Tabel CCC. Perhitungan Fraksi Komponen setelah reaksi terjadi 683
Tabel CCCI. Perhitungan Fraksi Komponen Gas pada Zona Flame 684
Tabel CCCII. Perhitungan Berat Molekul Gas pada Zona Flame 684
Tabel CCCIII. Data Perhitungan Viskositas Aliran Produk di Zona Flame 687
Tabel CCCIV. Perhitungan Viskositas Aliran Produk di Zona Flame 687
Tabel CCCV. Data Perhitungan Berat Molekul Udara 690
Tabel CCCVI. Data Perhitungan Viskositas Udara 690
Tabel CCCVII. Perhitungan Viskositas Udara 690
Tabel CCCVIII. Jumlah senyawa pada Quencher Setelah Bercampur Udara Quench 691
Tabel CCCIX. Perhitungan Fraksi Komponen Gas pada Zona Quencher 692
Tabel CCCX. Perhitungan Berat Molekul Gas pada Zona Quencher 692
Tabel CCCXI. Data Perhitungan Viskositas Aliran di Zona Quencher 694
Tabel CCCXII. Perhitungan Viskositas Aliran di Zona Quencher 694
Tabel CCCXIII. Data Perhitungan Viskositas Aliran di Cone Section 697
Tabel CCCXIV. Perhitungan Viskositas Aliran di Cone SectiTon 697
Tabel CCCXV. Nilai Entalpi Senyawa Input pada Suhu Masing-Masing Arus 699
Tabel CCCXVI. Nilai Entalpi Senyawa Input pada Suhu Ignition Target 700
Tabel CCCXVII. Kesimpulan Perancangan Flame Reaktor (R-102) 701
Tabel CCCXVIII. Tabel Stoikiometris Reaksi Deasidifikasi Partikel 708

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CCCXIX. Data Konstanta untuk Perhitungan Kapasitas Panas 709
Tabel CCCXX. Konstanta untuk Perhitungan Viskositas Gas 710
Tabel CCCXXI. Hasil Perhitungan Berat Molekul Campuran 711
Tabel CCCXXII. Komponen Aliran Input Padatan 722
Tabel CCCXXIII. Spesifikasi Pipa Standard Input Padatan 722
Tabel CCCXXIV. Komponen Aliran Input Steam 723
Tabel CCCXXV. Spesifikasi Pipa Standard Input Steam DA-101 723
Tabel CCCXXVI. Komponen Aliran Output Deacidification Unit 723
Tabel CCCXXVII. Spesifikasi Pipa Standard Output DA-101 724
Tabel CCCXXVIII. Spesifikasi Ukuran Flange Nozzle 725
Tabel CCCXXIX. Spesifikasi Udara pada Tekanan Atmosferis (Holman, 2009) 727
Tabel CCCXXX. Trial untuk Beberapa Opsi Diameter Lubang Plate 731
Tabel CCCXXXI. Kesimpulan Perancangan Deacidification Unit (DA-101) 734
Tabel CCCXXXII**.** Kesimpulan Hasil Desain Rotary Dryer (D-101) 742
Tabel CCCXXXIII**.** Kesimpulan Perancangan Ball Mill (BM-101) 747
Tabel CCCXXXIV**.** Data Kapasitas Panas Gas Pada Furnace 750
Tabel CCCXXXV. Mol Reaksi Pembakaran Metana 751
Tabel CCCXXXVI. Komponen Gas dalam Furnace 760
Tabel CCCXXXVII. Kesimpulan Hasil Desain Furnace 767
Tabel CCCXXXVIII**.** Hasil Perhitungan Densitas Gas 768
Tabel CCCXXXIX**.** Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Gas 769
Tabel CCCXL**.** Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Gas 769
Tabel CCCXLI. Kesimpulan Perancangan Thermal Oxidizer (TO-101) 773
Tabel CCCXLII. Spesifikasi Coarse Bar Screener yang Digunakan 776
Tabel CCCXLIII. Kesimpulan Hasil Perhitungan Tangki Penyimpanan Tawas (TK-201) 780
Tabel CCCXLIV. Kesimpulan Hasil Perhitungan Filtered Water Tank (TK-202) 783
Tabel CCCXLV. Kesimpulan Desain Tangki Penyimpanan HCl 5% 788
Tabel CCCXLVI. Kesimpulan Perancangan Tangki NaOH 791
Tabel CCCXLVII. Kesimpulan Desain Tangki Penyimpanan Demin Water 795
Tabel CCCXLVIII. Kesimpulan Hasil Perhitungan Tangki Penyimpanan Hydrazine 798
Tabel CCCXLIX. Kesimpulan Hasil Perhitungan Alat Tangki Kondensat 801
Tabel CCCL. Kesimpulan Hasil Perhitungan Tangki Penyimpanan Klorin 803
Tabel CCCLI. Kesimpulan Perancangan Tangki Umum 804
Tabel CCCLII. Kesimpulan Hasil Perhitungan Alat Mixer Tawas 809
Tabel CCCLIII. Kesimpulan Hasil Perhitungan Premixing Tank 814
Tabel CCCLIV. Kesimpulan Hasil Perhitungan Chlorination Tank 820
Tabel CCCLV. Kesimpulan Hasil Perhitungan Kolam Ekualisasi 822
Tabel CCCLVI. Kesimpulan Perancangan Kolam Sedimentasi 824
Tabel CCCLVII. Kesimpulan Desain Clarifier 831
Tabel CCCLVIII. Daftar Input Cold Basin 833

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton per Tahun
Arum Bunga Kinanthi, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CCCLIX. Kesimpulan Hasil Perhitungan *Cold* Basin 834
Tabel CCCLX. Data Air di Hot Basin 835
Tabel CCCLXI. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Air 836
Tabel CCCLXII. Data Perhitungan Suhu Campuran pada Hot Basin 836
Tabel CCCLXIII. Konstanta Perhitungan Densitas Fluida 837
Tabel CCCLXIV. Kesimpulan Hasil Perhitungan Hot Basin 837
Tabel CCCLXV. Kesimpulan Hasil Perhitungan Sand Filter 839
Tabel CCCLXVI. Kesimpulan Perancangan Carbon Filter 842
Tabel CCCLXVII. Presentase Kation dan Anion Utama pada Perairan Tawar 845
Tabel CCCLXVIII. Kesimpulan Desain Cation Exchanger 849
Tabel CCCLXIX. Data Persentase Kation dan Anion pada Air Tawar 852
Tabel CCCLXX. Kesimpulan Hasil Perhitungan Anion Exchanger 856
Tabel CCCLXXI. Kesimpulan Perancangan Deaerator 860
Tabel CCCLXXII. Konstanta Kapasitas Panas Air 864
Tabel CCCLXXIII. Data Perhitungan Entalpi Udara 866
Tabel CCCLXXIV. Integral dengan Metode Simpson's 1/3 Rule 871
Tabel CCCLXXV. Kebutuhan Make Up Water Pada Cooling Tower 874
Tabel CCCLXXVI. Kesimpulan Desain Cooling Tower 875