UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR 4
DAFTAR ISI 5
DAFTAR GAMBAR 11
DAFTAR TABEL 16
DAFTAR *CODE AND STANDARD* 21
INTISARI 22
ABSTRACT 23
BAB I PENGANTAR 24
1.1 Latar Belakang 24
1.2 Pemilihan Proses 26
1.3 Analisis Pasar 30
1.4 Lokasi Pabrik 34
BAB II URAIAN PROSES 37
2.1 Tahap Pembuatan Karbon Berpori 37
2.2 Tahap Pembuatan Nanokomposit PANI/Karbon 37
2.3 Tahap Pemurnian Produk 38
BAB III SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK 40
3.1 Bahan Baku 40
3.2 Bahan Pendukung 41
3.3 Produk 43
BAB IV DIAGRAM BLOK DAN PEFD 45
BAB V NERACA MASSA 48
5.1 Neraca Massa *Overall* 48
5.2 Neraca Massa Tiap Alat 49
BAB VI NERACA PANAS 54
6.1 Keadaan Referensi 54
6.2 Neraca Panas Tiap Alat 54
BAB VII SPESIFIKASI ALAT 59
7.1 *Rotary Kiln* 1 (RK-01) 59
7.2 *Rotary Kiln* 2 (RK-02) 59
7.3 *Rotary Cooler* (RC-01) 60

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7.4 Reaktor (R-01 A/B) 61
7.5 *Mixer* 1 (M-01) 61
7.6 *Mixer* 2 (M-02) 62
7.7 *Rotary Drum Vacuum Filter* (RF-01) 62
7.8 *Rotary Dryer* (RD-01) 63
7.9 Tangki Penyimpanan HCl 32% (TK-01) 63
7.10 Tangki Penyimpanan *Aniline* 99,9% (TK-02) 64
7.11 Tangki Penyimpanan *Acetone* 99,9% (TK-03) 64
7.12 Silo (S-01) 65
7.13 *Hopper 1* (H-01) 65
7.14 *Hopper* 2 (H-02) 66
7.15 *Hopper* 3 (H-03) 66
7.16 *Cooler* 1 (CO-01) 67
7.17 *Cooler* 2 (CO-02) 68
7.18 *Belt Conveyor* 1 (BC-01) 68
7.19 *Belt Conveyor* 2 (BC-02) 69
7.20 *Belt Conveyor* 3 (BC-03) 69
7.21 *Screw Conveyor* 1 (SC-01) 70
7.22 *Screw Conveyor* 2 (SC-02) 70
7.23 *Screw Conveyor* 3 (SC-03) 71
7.24 *Screw Conveyor* 4 (SC-04) 71
7.25 *Screw Conveyor* 5 (SC-05) 72
7.26 *Bucket Elevator* (BE-01) 72
7.27 Pompa 1 (P-01) 73
7.28 Pompa 2 (P-02) 73
7.29 Pompa 3 (P-03) 74
7.30 Pompa 4 (P-04) 75
7.31 Pompa 5 (P-05) 76
7.32 Pompa 6 (P-06) 76
7.33 *Crusher* (CR-01) 77
7.34 *Ball Mill* 1 (BM-01) 78
7.35 *Ball Mill* 2 (BM-02) 78
7.36 *Screener* 1 (SR-01) 79
7.37 *Screener* 2 (SR-02) 79
7.38 *Screener* 3 (SR-03) 80

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB VIII UTILITAS 81
8.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*) 81
8.2 Spesifikasi Alat Utilitas 95
8.3 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*) 107
8.4 Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*) 113
8.5 Unit Pembangkit dan Pendistribusian Tenaga Listrik (*Power Plant and Distribution System*) 124
8.6 Unit Refrigerasi (*Refrigeration Unit*) 128
8.7 Unit Pengolahan Limbah (*Water Treatment System*) 133
BAB IX TATA LETAK PABRIK 139
9.1 Layout Pabrik Keseluruhan 139
9.2 Layout Alat Proses 142
BAB X PERTIMBANGAN ASPEK KESELAMATAN, KESEHATAN KERJA, DAN LINGKUNGAN 145
10.1 *Safety, Health, and Environment* (SHE) *Management* 145
10.2 Struktur Organisasi Manajemen SHE 156
10.3 Identifikasi *Hazard* Bahan Kimia 157
10.4 Identifikasi *Hazard* Limbah 172
10.5 Identifikasi *Hazard* Proses 178
10.6 *Hazard and Operability Study* (HAZOP) 202
BAB XI ORGANISASI PERUSAHAAN 213
11.1 Bentuk Perusahaan 213
11.2 Struktur Organisasi 214
11.3 Tugas dan Wewenang 216
11.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan 224
11.5 Perhitungan Kebutuhan Jumlah *Operator* 225
11.6 Penggolangan Gaji Karyawan 227
11.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan 229
11.8 Manajemen Produksi 230
BAB XII EVALUASI EKONOMI 233
12.1 Perhitungan Indeksi Harga 233
12.2 Perhitungan Harga Alat Proses dan Utilitas 236
12.3 Perhitungan Biaya *Raw Materials, Sales*, dan Bahan Utilitas 245
12.4 Perhitungan Biaya Pembangunan Pabrik 246
12.5 Perhitungan Penggajian Karyawan *Operator* 247

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

12.6 Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan 247
12.7 Perhitungan *Fixed Capital* 249
12.8 Perhitungan *Manufacturing Cost* 253
12.9 Perhitungan *Working Capital* 256
12.10 Perhitungan *General Expenses* 257
12.11 Perhitungan Profit 257
12.12 Analisis Kelayakan *Profitability* 258
12.13 *Sensitivity Analysis* 265
BAB XII KESIMPULAN 268
DAFTAR PUSTAKA 269
LAMPIRAN ALAT PROSES 275
ROTARY KILN – 01 276
ROTARY KILN – 02 318
ROTARY COOLER – 01 328
REAKTOR – 01 334
MIXER – 01 387
MIXER – 02 397
ROTARY DRUM VACUUM FILTER – 01 402
ROTARY DRYER – 01 409
TANGKI PENYIMPANAN – 01 421
TANGKI PENYIMPANAN – 02 429
TANGKI PENYIMPANAN – 03 435
SILO – 01 437
HOPPER – 01 445
HOPPER – 02 450
HOPPER – 03 451
COOLER – 01 452
COOLER – 02 472
BELT CONVEYOR – 01 474
BELT CONVEYOR – 02 478
BELT CONVEYOR – 03 480
SCREW CONVEYOR – 01 482
SCREW CONVEYOR – 02 485
SCREW CONVEYOR – 03 486
SCREW CONVEYOR – 04 487

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

SCREW CONVEYOR – 05 488
BUCKET ELEVATOR – 01 489
POMPA – 01 491
POMPA – 02 507
POMPA – 03 509
POMPA – 04 511
POMPA – 05 513
POMPA – 06 515
CRUSHER – 01 517
BALL MILL – 01 521
BALL MILL – 02 525
SCREENER – 01 526
SCREENER – 02 529
SCREENER – 03 531
LAMPIRAN ALAT UTILITAS 533
SCREENER (SR-101) 534
KOLAM EKUALISASI (B-101) 535
KOLAM SEDIMENTASI (B-102) 536
PRE-MIXING TANK (MU-101) 538
CLARIFIER (CL-101) 543
KOLAM REKARBONASI (B-103) 549
SAND FILTER (F-101) 550
CARBON FILTER (F-102) 552
TANGKI KLORINASI (MU-101) 554
TANGKI FILTERED WATER (TK-101) 558
CATION EXCHANGER (CEX-101) 559
TANGKI HCl (TK-102) 562
ANION EXCHANGER (AEX-101) 563
TANGKI NaOH (TK-103) 566
TANGKI AIR DEMINERALISASI (TK-104) 567
DEAERATOR (DE-101) 568
TANGKI *HYDRAZINE* (TK-105) 572
TANGKI KONDENSAT (TK-106) 573
COOLING TOWER 574
COLD BASIN (B-104) 584

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

HOT BASIN (B-105) 585
POMPA UTILITAS 586

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Penampang Superkapasitor (Naseri dkk., 2021) 25
Gambar 2. Reaksi Anilin dengan APS (Sapurina dan Stejskal, 2008) 30
Gambar 3. Pasar Superkapasitor Tahun 2021 Berdasarkan Aplikasinya (Precedence Research, 2022) 31
Gambar 4. Prediksi Pasar Mobil Listrik di Asia Pasifik pada Tahun 2021-2028 (Fortune Business Insights, 2021) 31
Gambar 5. Proyeksi Jumlah Kendaraan Listrik dan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum di Indonesia Tahun 2021-2030 (Pusparisa, 2020) 32
Gambar 6. Proyeksi Penjualan Mobil Listrik di Indonesia pada Tahun 2021-2030 (Yoshio, 2021) 32
Gambar 7. Peta Wilayah Kecamatan Kateman, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau (Google, 2022) 34
Gambar 8. Reaksi Pembentukan Polyaniline 38
Gambar 9. Cangkang Kelapa (bacaartikel.com) 41
Gambar 10. Diagram Kualitatif Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon 45
Gambar 11. Diagram Kuantitatif Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon 46
Gambar 12. *Process Engineering Flow Diagram* Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon 47
Gambar 13. (a) Peta Wilayah Kecamatan Kateman, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau dan (b) Titik PT. Pulau Sambu Guntung (Google, 2023) 84
Gambar 14. Skema Neraca Massa Air pada Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dengan Aliran Recycle (kg/jam) 90
Gambar 15. Skema Neraca Massa Air pada Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dengan Aliran Recycle (m^3/jam) 91
Gambar 16. Process Flow Diagram Unit Pengolahan Air dan Pembangkit Steam 92
Gambar 17. Process Flow Diagram Unit Pengolahan Cooling Water 93
Gambar 18. Skema Siklus Refrigerasi 128
Gambar 19. Inter-Unit Spacing Recommendations for Oil and Chemical Plants 140
Gambar 20. Layout Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon (Skala 1:40) 141
Gambar 21. Intra-Unit Spacing Recommendations for Oil and Chemical Plants 143
Gambar 22. Storage Tank Spacing Recommendations for Oil and Chemical Plants 143
Gambar 23. Layout Alat Proses Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon (Skala 1:20) 144
Gambar 24. Swiss Cheese Model (Asset Integrity Engineering, 2023) 155

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 25. Skema Layers of Protection Analysis (LOPA) (Willey, 2014) 155
Gambar 26. Struktur Organisasi Manajemen SHE 156
Gambar 27. Penentuan Node pada Rotary Kiln-02 pada Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon 203
Gambar 28. Skema Rotary Kiln-02 (RK-02) berdasarkan Rekomendasi HAZOP 211
Gambar 29. Struktur Organisasi Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon 215
Gambar 30. Grafik Hubungan Tahun dengan CEPCI 235
Gambar 31. Grafik Hubungan Total Cost dan Sales dengan Kapasitas Produksi 262
Gambar 32. Diagram Cash Flow 265
Gambar 33. Diagram Cumulative Cash Flow 265
Gambar 34. Hubungan Perubahan Variabel dengan DCFRR 266
Gambar 35. Skema Rotary Kiln (RK-01) 277
Gambar 36. Mekanisme Reaksi Pirolisis 278
Gambar 37. Diagram Rotary Kiln dan Padatan 281
Gambar 38. Skema Rotary Kiln (RK-01) 282
Gambar 39. Skema Reaction Zone Rotary Kiln (RK-01) 282
Gambar 40. Diagram untuk Neraca Massa Rotary Kiln (RK-01) 283
Gambar 41. Grafik Hubungan Konversi dengan Panjang Reaktor 286
Gambar 42. Diagram untuk Neraca Panas Rotary Kiln (RK-01) 287
Gambar 43. Skema Cooling Zone Rotary Kiln (RK-01) 289
Gambar 44. Grafik Hubungan Suhu Biochar (B) dengan Panjang Reaktor 295
Gambar 45. Skema *Pre-Heating Zone Rotary Kiln* (RK-01) 295
Gambar 46. Grafik Hubungan Suhu Cangkang Kelapa (A) dengan Panjang Reaktor 302
Gambar 47. Pengaruh Panjang Reaktor terhadap Konversi Produk pada Reaction Zone Rotary Kiln (RK-10) 303
Gambar 48. Grafik Hubungan Suhu Biochar (B) dengan Panjang Reaktor pada Cooling Zone Rotary Kiln (RK-10) 304
Gambar 49. Grafik Hubungan Suhu Biochar (B) dengan Panjang Reaktor pada Pre-Heating Zone Rotary Kiln (RK-10) 304
Gambar 50. Grafik Hubungan Suhu Biochar (B) dengan Panjang Reaktor pada Cooling Zone Rotary Kiln (RK-10) 305
Gambar 51. Grafik Hubungan Suhu Biochar (B) dengan Panjang Reaktor pada Pre-Heating Zone Rotary Kiln (RK-10) 305

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 52. Grafik Hubungan Suhu Biochar (B) dengan Panjang Reaktor pada Cooling Zone Rotary Kiln (RK-10) 306
Gambar 53. Grafik Hubungan Suhu Biochar (B) dengan Panjang Reaktor pada Pre-Heating Zone Rotary Kiln (RK-10) 306
Gambar 54. Skema Dinding Rotary Kiln (RK-01).....309
Gambar 55. Sketsa Rotary Kiln (RK-01) 316
Gambar 56. Tampak Samping Rotary Kiln (RK-01) 317
Gambar 57. Skema Rotary Kiln (RK-02).....318
Gambar 58. Diagram Rotary Kiln dan Padatan.....320
Gambar 59. Skema *Rotary Kiln*-2 320
Gambar 60. Skema *Pre-Heating Zone Rotary Kiln* (RK-02).....321
Gambar 61. Grafik Hubungan Suhu Biochar (A) dengan Panjang Reaktor 325
Gambar 62. Skema Reaction Zone Rotary Kiln (RK-02) 326
Gambar 63. Diagram untuk Neraca Massa Rotary Kiln (RK-02).....326
Gambar 64. Grafik Hubungan Konversi dengan Panjang Reaktor 327
Gambar 65. Skema Rotary Cooler (RC-01) 328
Gambar 66. Diagram Rotary Cooler dan Padatan.....329
Gambar 67. Skema Cooling Zone Rotary Cooler (RC-01).....329
Gambar 68. Grafik Hubungan Suhu Karbon Berpori (B) dengan Panjang Rotary Cooler ..333
Gambar 69. Skema Alat Reaktor.....334
Gambar 70. Reaksi Pembentukan Polyaniline 335
Gambar 71. Grafik Konstanta Reaksi untuk Polimerisasi Aniline pada berbagai Konsentrasi HCl (a) K_1 dan (b) K_2 (Cavallo et al, 2013).....336
Gambar 72. Grafik Konsentrasi Aniline, APS, dan Polyaniline vs Waktu Reaksi 336
Gambar 73. Struktur (a) polyaniline, (b) leucoemeraldine, (c) pernigraniline, (d) emeraldine base, (e) emeraldine salt (Zare, 2019) 337
Gambar 74. Skema Alat Reaktor Semi-batch (Fogler, 2016) 338
Gambar 75. Skema Torispherical Head 346
Gambar 76. *Dimensions of Flanged and Standard Dished Heads*.....347
Gambar 77. Grafik (a) C vs t (b) X vs t (c) X vs V 352
Gambar 78. Gantt Chart untuk Proses Produksi Nanokomposit PANI/Karbon.....354
Gambar 79. Jenis – Jenis Impeller (Brown, 1950).....355
Gambar 80. Skema Pengaduk pada Reaktor-01 356
Gambar 81. Power Number untuk 6 Blade Turbine.....360

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 82. Skema Reaksi Pembentukan Polyaniline 366
Gambar 83. Skema Perpindahan Panas pada R-01 379
Gambar 84. Gambar Teknik Reaktor-01 (R-01) 382
Gambar 85. Tampak Atas Reaktor-01 (R-01) 382
Gambar 86. Skema Alat Mixer-01 (M-01).....387
Gambar 87. Skema Torispherical Head 394
Gambar 88. Dimensions of Flanged and Standard Dished Heads 395
Gambar 89. Skema Alat Mixer-02 (M-02).....397
Gambar 90. Skema Alat Rotary Drum Vacuum Filter.....402
Gambar 91. Skema Alat Rotary Dryer 409
Gambar 92. Psychometric Chart 410
Gambar 93. Block Diagram Rotary Dryer-01 (RD-01) 411
Gambar 94. Zona - zona Pengeringan pada Rotary Dryer (Treybal, 1981) 413
Gambar 95. Skema Tangki Penyimpanan TK-03 421
Gambar 96. Diameter dan Tinggi Standar Tangki 423
Gambar 97. Skema Conical Head 426
Gambar 98. Skema Tangki Penyimpanan Aniline 429
Gambar 99. Diameter dan Tinggi Standar Tangki 431
Gambar 100. Skema Tangki Penyimpanan TK-03 435
Gambar 101. Skema Silo-01 437
Gambar 102. Diameter dan Tinggi Standar Tangki 439
Gambar 103. Ilustrasi Bottom Silo.....439
Gambar 104. Ilustrasi Torispherical Head 442
Gambar 105. Skema Alat Hopper-01 445
Gambar 106. Skema Alat Hopper 446
Gambar 107. Skema Alat Hopper-02 450
Gambar 108. Skema Alat Hopper-02 451
Gambar 109. Skema Diagram Cooler -01 452
Gambar 110. Nilai Ud untuk Berbagai Jenis Fluida dengan Rd 0,001 (Kern, 1965).....457
Gambar 111. Skema Diagram Cooler-02 472
Gambar 112. Skema Alat Pompa-01 491
Gambar 113. Skema Alat P-02.....507
Gambar 114. Skema Alat Pompa (P-03) 509
Gambar 115. Skema Alat Pompa (P-04) 511

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 116. Skema Alat P-05 513
Gambar 117. Skema Alat Pompa (P-06) 515
Gambar 118. Dimensi Crusher (Walas, 1990) 518
Gambar 119. Dimensi Ball Mills (Walas, 1990) 522
Gambar 120. Jenis Impeller dan Spesifikasinya (Brown, 1950) 539
Gambar 121. Power Number untuk 6 Blade Turbine 541
Gambar 122. Skema Clarifier 543
Gambar 123. Jenis Impeller dan Spesifikasinya (Brown, 1950) 544
Gambar 124. Power Number untuk 6 Blade Turbine 546
Gambar 125. Jenis Impeller dan Spesifikasinya (Brown, 1950) 555
Gambar 126. Power Number untuk 6 Blade Turbine 557
Gambar 127. Grafik Penentuan K_4 569
Gambar 128. Skema Alat Cooling Tower 575
Gambar 129. Grafik Entalpi vs Suhu 578
Gambar 130. Grafik Penentuan Water Flowrate per Area (Perry, 2008) 579
Gambar 131. Penentuan Daya Fan Cooling Tower (Perry, 2008) 583

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Metode Aktivasi Karbon secara Fisika dan Kimia 27
Tabel 2. Data Pabrik Karbon Berpori di Dunia.....33
Tabel 3. Data TPT Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau (BPS, 2022).....36
Tabel 4. *Proximate Analysis* Cangkang Kelapa.....41
Tabel 5. Neraca Massa Overall 48
Tabel 6. Neraca Massa pada Rotary Kiln-1 (RK-01).....49
Tabel 7. Neraca Massa pada Screener-1 (S-01) 49
Tabel 8. Neraca Massa pada Rotary Kiln-2 (RK-02).....50
Tabel 9. Neraca Massa *Rotary Cooler* (RC-01).....50
Tabel 10. Neraca Massa Screener 2 (S-02).....51
Tabel 11. Neraca Massa Mixer 1 (M-01).....51
Tabel 12. Neraca Massa Mixer 2 (M-02).....51
Tabel 13. Neraca Massa Reactor 1 (R-01) 52
Tabel 14. Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter (RF-01).....52
Tabel 15. Neraca Massa Rotary Dryer 1 (RD-01) 53
Tabel 16. Neraca Massa Screener 3 (SR-03) 53
Tabel 17. Neraca Panas Rotary Kiln-1 (RK-01) Tahap Pre-heating dan Reaction.....54
Tabel 18. Neraca Panas Rotary Kiln-1 (RK-01) Tahap Cooling 55
Tabel 19. Neraca Panas Rotary Kiln-2 (RK-02) 55
Tabel 20. Neraca Panas Rotary Cooler (RC-01).....56
Tabel 21. Neraca Panas Cooler-1 (CO-01) 56
Tabel 22. Neraca Panas Cooler-2 (CO-02) 56
Tabel 23. Neraca Panas Reaktor (R-01).....57
Tabel 24. Neraca Panas Rotary Dryer 1 (R-01) 58
Tabel 25. Air untuk Keperluan Umum.....81
Tabel 26. Kebutuhan Air Proses 82
Tabel 27. Kebutuhan Air untuk BFW 83
Tabel 28. Kebutuhan Air untuk BFW 83
Tabel 29. Karakteristik Sungai Kateman (Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Indragiri Hilir, 2022).....85
Tabel 30. Hasil Perhitungan Daya Pompa Utilitas.....105
Tabel 31. Kebutuhan Air untuk BFW 108

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 32. Data Konstanta Kapasitas Panas Air (Smith dkk., 2018).....110
Tabel 33. Komposisi Bahan Bakar Gas Alam.....111
Tabel 34. Reaksi Pembakaran 112
Tabel 35. Kebutuhan Oksigen untuk Reaksi Pembakaran 112
Tabel 36. Kebutuhan Udara Pengering 113
Tabel 37. Kebutuhan Udara Instrumen 116
Tabel 38. Kondisi Udara Lingkungan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon.....118
Tabel 39. Kebutuhan Udara Kering 118
Tabel 40. Komponen Udara Lingkungan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon 123
Tabel 41. Kebutuhan Listrik Alat Proses 124
Tabel 42. Kebutuhan Listrik Unit Utilitas.....125
Tabel 43. Kebutuhan Chilled Ethanol pada Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon 129
Tabel 44. Baku Mutu Udara Ambien Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara 134
Tabel 45. Baku Mutu Air Limbah berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014.....135
Tabel 46. Jadwal Kerja Karyawan Shift.....225
Tabel 47. Penentuan Kebutuhan Jumlah Operator untuk Unit Proses 226
Tabel 48. Penentuan Kebutuhan Jumlah Operator untuk Unit Utilitas.....226
Tabel 49. Penggolongan Gaji Karyawan.....227
Tabel 50. Data CEPCI Tahun 1963 Hingga Tahun 2023.....234
Tabel 51. Hasil Forecasting Data CEPCI.....235
Tabel 52. Tabel Perhitungan Harga Alat Proses 237
Tabel 53. Tabel Perhitungan Harga Alat Utilitas.....240
Tabel 54. Perhitungan Harga Bahan Baku dan Penunjang Proses.....245
Tabel 55. Perhitungan Harga Produk 246
Tabel 56. Harga Bahan Baku Utilitas.....246
Tabel 57. Daftar Bangunan Berserta Luasnya 248
Tabel 58. Perhitungan Fixed Capital.....250
Tabel 59. Perhitungan Manufacturing Cost 254
Tabel 60. Perhitungan Working Capital.....256
Tabel 61. Perhitungan General Expenses.....257
Tabel 62. Data Perhitungan Profit.....257
Tabel 63. Cash Flow Selama Umur Pabrik 264

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 64. Perhitungan Sensitivity Analysis 266
Tabel 65. Hasil Studi Kelayakan Ekonomi Pabrik.....268
Tabel 66. Komponen pada Reaksi Pirolisis Biomassa.....278
Tabel 67. Neraca Massa Reaktor-01 (R-01).....340
Tabel 68. Data Densitas Tiap Komponen pada Reaktor.....341
Tabel 69. Rangkuman Dimensi Reaktor-01.....350
Tabel 70. Spesifikasi Dimensi Pengaduk Reaktor (R-01).....357
Tabel 71. Sifat Fisis Ethanol pada Suhu 263 K.....360
Tabel 72. Data ΔE Berbagai Elemen Atom (Perry, 1997) 361
Tabel 73. Data Konstanta Kapasitas Panas Senyawa pada Fasa Cair (Yaws, 1999) 362
Tabel 74. Perhitungan Entalpi Komponen Masuk R-01 pada Fasa Liquid (Yaws, 1999)....362
Tabel 75. Data μ, k, ρ, Cp, dan Pr untuk Udara 365
Tabel 77. Data Kapasitas Panas Anilin 367
Tabel 77. Perhitungan Entalpi Komponen Masuk R-01 pada Fasa Liquid (Yaws, 1999)....367
Tabel 78. Data ΔE Berbagai Elemen Atom.....368
Tabel 79. Nilai Entalpi Pembentukan Tiap Komponen 369
Tabel 80. Data Kapasitas Panas Asam Sulfat Fase Liquid (Yaws, 1999).....370
Tabel 81. Perhitungan Entalpi Asam Sulfat pada Fasa Liquid 370
Tabel 83. Data ΔE Elemen Atom.....371
Tabel 83. Data Kapasitas Panas Etanol Fase Liquid (Yaws, 1999) 373
Tabel 84. Data Flowrate Komponen Keluar dari Mixer-01 390
Tabel 85. Perhitungan Densitas Campuran di Mixer-01.....390
Tabel 86. *Rangkuman Dimensi Alat* Mixer-01.....396
Tabel 87. Data Flowrate Komponen Keluar dari Mixer-02 401
Tabel 88. Rangkuman Dimensi Alat Mixer-02.....401
Tabel 89. Perhitungan Densitas Campuran Slurry 403
Tabel 90. Perhitungan Densitas Cake 404
Tabel 91. Perhitungan Densitas Campuran Filtrate 405
Tabel 92. Sizes of Commercial Continous Vacuum Filters (Walas, 1990) 407
Tabel 93. Kesimpulan Spesifikasi Alat Rotary Drum Vacuum Filter-01 408
Tabel 94. Kesimpulan Spesifikasi Alat Rotary Dryer-01 420
Tabel 95. Ringkasan Dimensi Tangki Penyimpanan – 01 428
Tabel 96. Ketebalan Tangki pada Tiap *Course*.....428
Tabel 97. Ringkasan Dimensi Tangki Penyimpanan - 02.....434

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 98. Ketebalan Tangki pada Tiap Course 434
Tabel 99. Ringkasan Dimensi Tangki Penyimpanan - 03 436
Tabel 100. Tebal Tangki pada Setiap Course 436
Tabel 101. Ringkasan Dimensi Silo-01 444
Tabel 102. Rangkuman Dimensi Hopper-01 449
Tabel 103. Rangkuman Dimensi Hopper-02 450
Tabel 104. Rangkuman Dimensi Hopper-03 451
Tabel 105. Sifat Fisis Campuran Aniline, HCl, dan H_2O dalam Satuan SI 453
Tabel 106. Sifat Fisis Campuran Aniline, HCl, dan H_2O dalam British Units 453
Tabel 107. Sifat Fisis Ethanol 40% dalam Satuan SI 453
Tabel 108. Sifat Fisis Ethanol 40% dalam British Units 454
Tabel 109. Data Mass Flowrate tiap Komponen pada Fluida Panas 454
Tabel 110. Data Konstanta Kapasitas Panas Komponen HCl dan H_2O (Yaws, 1999) 455
Tabel 111. Data Perhitungan Laju Panas Komponen HCl dan H_2O 455
Tabel 112. Data ΔE untuk Berbagai Elemen Atom 455
Tabel 113. Data Desain Cooler (CO-01) 459
Tabel 114. Ringkasan Dimensi Cooler (CO-01) 471
Tabel 115. Kesimpulan Spesifikasi Alat Cooler-02 473
Tabel 116. Ringkasan Dimensi *Screw Conveyor*-01 484
Tabel 117. Ringkasan Dimensi Screw Conveyor-02 485
Tabel 118. Ringkasan Dimensi Screw Conveyor-03 486
Tabel 119. Rangkuman Dimensi Screw Conveyor-04 487
Tabel 120. Rangkuman Dimensi Screw Conveyor-05 488
Tabel 121. Rangkuman Dimensi Bucket Elevator-01 490
Tabel 122. *Mass Flowrate* Larutan HCl dari TK-01 menuju M-01 dan M-02 491
Tabel 123. Data Densitas Komponen dalam Flowrate pada P-06 492
Tabel 124. Data Perhitungan Densitas Campuran 493
Tabel 125. Data Viskositas Komponen dalam Flowrate pada P-01 493
Tabel 126. Data Perhitungan Viskositas Campuran 493
Tabel 127. Data Perhitungan Head Pompa 498
Tabel 128. Hasil Perhitungan Total Head pada Mixer-01 500
Tabel 129. Hasil Perhitungan Total Head pada Mixer-02 501
Tabel 130. Ringkasan Spesifikasi Pompa-01 506
Tabel 131. Ringkasan Spesifikasi Pompa-02 508

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Nanokomposit PANI/Karbon dari Bahan Alam sebagai Material Elektroda Superkapasitor dengan Kapasitas 4.000 Ton/Tahun
Sandrina Christine Michelin Silalahi, Dr.-Ing. Teguh Ariyanto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 132. Ringkasan Spesifikasi Pompa-03 510
Tabel 133. Ringkasan Spesifikasi Pompa-04 512
Tabel 134. Ringkasan Spesifikasi Pompa-05 514
Tabel 135. Ringkasan Spesifikasi Pompa-06 516
Tabel 136. Rangkuman Spesifikasi Crusher-01 520
Tabel 137. Rangkuman Spesifikasi Ball Mill-01 524
Tabel 138. Ringkasan Dimensi Ball Mill-02 525
Tabel 139. Spesifikasi Coarse Screen (Bar Racks) 534
Tabel 140. Kandungan Kation pada Air Tawar 559
Tabel 141. Perhitungan Kation yang diambil Cation Exchanger 560
Tabel 142. Kandungan Anion pada Air Tawar 563
Tabel 143. Perhitungan Anion yang diambil Anion Exchanger 564
Tabel 144. Hasil Perhitungan Entalpi Saturasi Udara 576
Tabel 145. Hasil Perhitungan Integrasi dengan Trapezoidal Rule 581
Tabel 146. Data Perhitungan Head Pompa 590
Tabel 147. Hasil Perhitungan Total Head Pompa 592
Tabel 148. Hasil Perhitungan Daya Pompa Utilitas 595