Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i

PERNYATAAN ii

PRAKATA iii

DAFTAR ISI v

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR xvii

DAFTAR CODE DAN STANDARD xxvi

INTISARI xxvii

ABSTRACT xxviii

BAB I PENGANTAR 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Analisis Pasar 2

1.3. Pemilihan Proses 6

1.4. Lokasi Pabrik 13

BAB II URAIAN PROSES 18

2.1. Unit Persiapan Bahan Baku 18

2.2. Unit Persiapan Oksigen 18

2.3. Gasifikasi 19

2.4. Unit Particular Removal dan Hidrolisis COS 20

2.5. Unit Desulfurisasi 22

Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.6. Unit Pembangkit 23

BAB III SPESIFIKASI BAHAN 24

3.1. Spesifikasi Bahan Baku 24

3.2. Spesifikasi Bahan Pendukung 25

3.3. Spesifikasi Produk Utama 26

3.4. Spesifikasi Produk Samping 26

BAB IV DIAGRAM ALIR 28

4. 1. Diagram Alir Kualitatif 28

4. 2. Diagram Alir Kuantitatif 29

***Process Engineering Flow Diagram* 30**

BAB V NERACA MASSA 31

5. 1. Neraca Massa *Overall* 31

5. 2. Neraca Massa di *Gasifier* (R-01) 32

5. 3. Neraca Massa di Quench Heat Exchanger (E-02) 33

5. 4. Neraca Massa di *Mixer* (M-01) 34

5. 5. Neraca Massa di *Wet Scrubber* HCl (WS-01) 35

5. 6. Neraca Massa di Reaktor COS Hidrolisis (R-02) 36

5. 7. Neraca Massa di *Wet Scrubber* NH_3 (WS-02) 37

5. 8. Neraca Massa di *Knock Out Drum* (KO-01) 38

5. 9. Neraca Massa di Absorber (AB-01) 39

5. 10. Neraca Massa di *Stripper* (S-01) 40

BAB VI NERACA PANAS 41

Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB VII SPESIFIKASI ALAT 55

BAB VIII UTILITAS 75

8.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air 75

8.2. Unit Pembangkit *Steam* 97

8.3. Unit Penyedia Udara 104

8.4. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik 114

8.5. Unit Pengolahan Limbah 120

BAB IX TATA LETAK PABRIK 126

BAB X SISTEM MANAJEMEN SHE 131

10.1. Process Safety Management (PSM) 131

10.2. Environment Management System (EMS) 138

10.3. Struktur Organisasi Manajemen SHE 143

10.4. Identifikasi *Hazard* Bahan 146

10.5. Identifikasi *Hazard* Proses dan Utilitas 165

10.6. Identifikasi *Hazard* Limbah 188

10.7. HAZOP pada *Furnace* (F-01) 197

10.8. HAZOP pada *Gasifier* (R-01) 206

10.9. *Layer of Protection Analysis* (LOPA) 224

BAB XI ORGANISASI PERUSAHAAN 227

11.1. Bentuk Perusahaan 227

11.2. Struktur Organisasi Perusahaan 228

11.3. Tugas dan Wewenang 230

Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

11.4. Karyawan dan Pembagian Jam Kerja 244

11.5. Perhitungan Kebutuhan Operator Alat 246

11.6. Penggolongan Gaji Karyawan 249

11.7. Kesejahteraan Sosial 251

11.8. Manajemen Produksi 253

BAB XII EVALUASI EKONOMI 258

12.1. Modal Tetap (Fixed Capital Investment) 258

12.2. Biaya Produksi (Manufacturing Cost) 277

12.3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*) 278

12.4. Modal Kerja (Working Capital) 280

12.5. Analisis Profitabilitas 280

12.6. Analisis Kelayakan 282

12.7. Analisis Sensitivitas 290

BAB XIII KESIMPULAN 293

DAFTAR PUSTAKA 295

LAMPIRAN A 298

LAMPIRAN B 448

LAMPIRAN C 732

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW**
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

BAB I

Tabel I. 1. Pembangkit Listrik IGCC di Dunia 5
Tabel I. 2. Perbandingan Ketiga Jenis Gasifier 12
Tabel I. 3. Jumlah Tenaga Kerja di Kota Bontang 16

BAB V

Tabel V. 1. Neraca Massa Overall 31
Tabel V. 2. Neraca Massa Gasifier 32
Tabel V. 3. Neraca Massa E-02 33
Tabel V. 4. Neraca Massa M-01 34
Tabel V. 5. Neraca Massa WS-01 35
Tabel V. 6. Neraca Massa R-02 36
Tabel V. 7. Neraca Massa WS-02 37
Tabel V. 8. Neraca Massa KO-01 38
Tabel V. 9. Neraca Massa AB-01 39
Tabel V. 10. Neraca Massa S-01 40

BAB VI

Tabel VI. 1. Neraca Panas Overall 43
Tabel VI. 2. Neraca Panas Gasifier 44
Tabel VI. 3. Neraca Panas E-01 45
Tabel VI. 4. Neraca Panas E-02 46
Tabel VI. 5. Neraca Panas WS-01 47
Tabel VI. 6. Neraca Panas R-02 48
Tabel VI. 7. Neraca Panas E-03 49

Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel VI. 8. Neraca Panas WS-02 50
Tabel VI. 9. Neraca Panas AB-01 50
Tabel VI. 10. Neraca Panas E-04 51
Tabel VI. 11. Neraca Panas S-01 51
Tabel VI. 12. Neraca Panas E-05 52
Tabel VI. 13. Neraca Panas CC-01 52
Tabel VI. 14. Neraca Panas E-06 53
Tabel VI. 15. Neraca Panas Gas Turbin 54
Tabel VI. 16. Neraca Panas Steam Turbin 54

BAB VIII

Tabel VIII. 1. Kebutuhan Air untuk Keperluan Umum 76
Tabel VIII. 2. Kebutuhan Air Pendingin 77
Tabel VIII. 3. Kebutuhan Boiler Feed Water (BFW) 77
Tabel VIII. 4. Kebutuhan Air Proses 78
Tabel VIII. 5. Kebutuhan Air Total 79
Tabel VIII. 6. Spesifikasi Air Laut Selat Makassar 80
Tabel VIII. 7. Pompa Unit Utilitas 95
Tabel VIII. 8. Kebutuhan Steam 98
Tabel VIII. 9. Spesifikasi Boiler Feed Water 99
Tabel VIII. 10. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas 101
Tabel VIII. 11. Reaksi Pembakaran Gas Alam dan Kebutuhan Oksigen 103
Tabel VIII. 12. Kebutuhan Udara Instrumen 107
Tabel VIII. 13. Kebutuhan Udara Total 109
Tabel VIII. 14. Rincian Kebutuhan Listrik Proses 115
Tabel VIII. 15. Rincian Kebutuhan Listrik Utilitas 116
Tabel VIII. 16. Kebutuhan Listrik Total 118

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW**
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel VIII. 17. Identifikasi Limbah yang Dihasilkan 120
Tabel VIII. 18. Baku Mutu Udara Ambien di Indonesia 122
Tabel VIII. 19. Baku Mutu Air Limbah Industri 123

BAB X

Tabel X. 1. Identifikasi Hazard Bahan Unit Proses dan Utilitas 146
Tabel X. 2. Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia 156
Tabel X. 3. Identifikasi Hazard Peralatan Proses dan Utilitas 165
Tabel X. 4. Identifikasi Hazard Emisi Limbah Gas 188
Tabel X. 5. Identifikasi Hazard Limbah Cair 191
Tabel X. 6. Identifikasi Hazard Limbah Padat 194
Tabel X. 7. Identifikasi HAZOP Furnace untuk Node 1 dengan Parameter Flowrate 198
Tabel X. 8. Identifikasi HAZOP Furnace untuk Node 2 dengan Parameter Suhu 200
Tabel X. 9. Identifikasi HAZOP Furnace untuk Node 3 dengan Parameter Flowrate 201
Tabel X. 11. Identifikasi HAZOP Furnace untuk Node 5 dengan Parameter SOx Concentration .. 203
Tabel X. 12. Identifikasi HAZOP Gasifier untuk Node A dengan Parameter Flowrate 208
Tabel X. 13. Identifikasi HAZOP Gasifier untuk Node A dengan Parameter Tekanan 210
Tabel X. 14. Identifikasi HAZOP Gasifier untuk Node B dengan Parameter Flowrate 211
Tabel X. 15. Identifikasi HAZOP Gasifier untuk Node C dengan Parameter Flowrate 213
Tabel X. 16. Identifikasi HAZOP Gasifier untuk Node D dengan Parameter Flowrate 215
Tabel X. 17. Identifikasi HAZOP Gasifier untuk Node D dengan Parameter Suhu 217
Tabel X. 18. Identifikasi HAZOP Gasifier untuk Node E dengan Parameter Suhu 219
Tabel X. 19. Identifikasi HAZOP Gasifier untuk Node E dengan Parameter Tekanan 221

BAB XI

Tabel XI. 1. Pembagian Jadwal Kerja Karyawan Shift 245
Tabel XI. 2. Perhitungan Total Kebutuhan Operator 247
Tabel XI. 3. Penggolongan Gaji Karyawan 250

BAB XII

Tabel XII. 1. Data Chemical Engineering Plant Cost Index 1964 - 2023 259
Tabel XII. 2. Hasil Perhitungan Ekstrapolasi Nilai CEPCI 261

Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel XII. 3. Hasil Perhitungan Harga Alat Proses 262
Tabel XII. 4. Perhitungan Harga Alat Utilitas 265
Tabel XII. 5. Perhitungan Bahan Baku Proses Tahun 2030 269
Tabel XII. 6. Perhitungan Bahan Baku Utilitas dan Pendukung Tahun 2030 270
Tabel XII. 7. Perhitungan Harga Produk Tahun 2030 272
Tabel XII. 8. Luas Area Bangunan 273
Tabel XII. 9. Hasil Perhitungan Fixed Capital 275
Tabel XII. 10. Hasil Perhitungan Manufacturing Cost (MC) 277
Tabel XII. 11. Hasil Perhitungan General Expenses (GE) 279
Tabel XII. 12. Hasil Perhitungan Working Capital (WC) 280
Tabel XII. 13. Komponen Perhitungan Profit 281
Tabel XII. 14. Annual Cash Flow Pabrik 287
Tabel XII. 15. Variasi Tiap Variabel terhadap Perubahan DCFRR 290

LAMPIRAN A

Tabel A. 1. Konstanta Perhitungan Densitas Air 303
Tabel A. 2. Kesimpulan Perancangan T-01 308
Tabel A. 3. Data Perhitungan Pompa 313
Tabel A. 4. Hasil Perhitungan Head Pompa 318
Tabel A. 5. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas (Yaws, 1999) 338
Tabel A. 6. Rasio Dimensi Rectangular Furnace dan Perhitungan Mean Beam Length (Kern, 1950) 341
Tabel A. 7. Data Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Gas 360
Tabel A. 8. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Gas 361
Tabel A. 9. Komposisi Umpan Mixer 374
Tabel A. 10. Data Konstanta Perhitungan Densitas Cairan (Yaws, 1999) 375
Tabel A. 11. Data Konstanta Perhitungan Viskositas Cairan 375

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW**
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel A. 12. Spesifikasi Heat Exchanger HE-03 393
Tabel A. 13. Data Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Gas (Yaws, 1999)..... 398
Tabel A. 14. Hasil Perhitungan Densitas Gas 399
Tabel A. 15. Data Konstanta Perhitungan Viskositas Cairan (Yaws, 1999)..... 400
Tabel A. 16. Data Konstanta Perhitungan Densitas Cairan (Yaws, 1999) 400
Tabel A. 17. Hasil Perhitungan Koefisien Difusivitas 408
Tabel A. 18. Hasil Perhitungan Trapezoidal 413
Tabel A. 19. Komposisi Umpan KO Drum KO-01..... 414
Tabel A. 20. Data Konstanta Perhitungan Tekanan Uap..... 416
Tabel A. 21. Hasil Perhitungan Tekanan Umpan KO Drum..... 416
Tabel A. 22. Komposisi Output KO Drum KO-01 417
Tabel A. 23. Data Perhitungan Densitas Gas 419
Tabel A. 24. Hasil Perhitungan Densitas Gas 419
Tabel A. 25. Data Konstanta Perhitungan Densitas Cairan (Yaws, 1999) 420
Tabel A. 26. Hasil Perhitungan Densitas Cairan..... 421
Tabel A. 27. Data Konstanta Perhitungan Densitas Cairan (Yaws, 1999) 426
Tabel A. 28. Kesimpulan Perancangan Tangki MDEA T-02 431
Tabel A. 29. Komposisi Umpan Expansion Valve..... 432
Tabel A. 30. Data Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas 432
Tabel A. 31. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas 433
Tabel A. 32. Data Perhitungan Densitas 433
Tabel A. 33. Data Perhitungan Pompa..... 438
Tabel A. 34. Hasil Perhitungan Head Pompa..... 441

LAMPIRAN B

Tabel B. 1. Persamaan ∅ untuk Tiap Ukuran Batubara yang Berbeda 451
Tabel B. 2. Parameter Kinetika Untuk Reaksi (x7- x11) 452

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW**
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel B. 3. Kinetika dari Reaksi (x4- x6) dan (x12- x13) 453
Tabel B. 4. Fungsi Tiap Blok dalam Flowsheet Gasifikasi 455
Tabel B. 5. Komposisi Syngas Hasil Gasifikasi 457
Tabel B. 6. Jumlah dan Komposisi Untreated Syngas Output Gasifier 463
Tabel B. 7. Data Konduktivitas Termal Bahan Isolator 464
Tabel B. 8. Nilai Pressure Path Length Tiap Komponen 469
Tabel B. 9. Nilai Emisivitas Tiap Komponen 473
Tabel B. 10. Nilai Emisivitas Tiap Komponen 477
Tabel B. 11. Data Konstanta Perhitungan Densitas Cairan (Yaws, 1999) 480
Tabel B. 12. Data Konstanta Viskositas Cairan (Yaws, 1999) 480
Tabel B. 13. Data Perhitungan Pompa 485
Tabel B. 14. Data Konstanta Perhitungan Viskositas Gas (Yaws, 1999) 491
Tabel B. 15. Hasil Perhitungan Densitas Gas 492
Tabel B. 16. Data Konstanta Perhitungan Viskositas Cairan (Yaws, 1999) 493
Tabel B. 17. Data Konstanta Perhitungan Densitas Cairan (Yaws, 1999) 494
Tabel B. 18. Komponen Gas Masuk Wet Scrubber HCl WS-01 503
Tabel B. 19. Data Nilai r dan ε/k Untuk Campuran Gas 504
Tabel B. 20. Hasil Perhitungan Simpson's Rule 510
Tabel B. 21. Data Hubungan Diameter Dalam Menara dan Ukuran Grid Plate 519
Tabel B. 22. Komposisi dan Jumlah Larutan Masuk E-04 531
Tabel B. 23. Nilai Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Cold Fluid 532
Tabel B. 24. Nilai Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Hot Fluid 533
Tabel B. 25. Nilai Konstanta Perhitungan Viskositas Cold Fluid 533
Tabel B. 26. Nilai Konstanta Perhitungan Viskositas Hot Fluid 534
Tabel B. 27. Nilai Konstanta Perhitungan Densitas Cold Fluid 534
Tabel B. 28. Nilai Konstanta Perhitungan Konduktivitas Termal Cold Fluid 535
Tabel B. 29. Nilai Konstanta Perhitungan Konduktivitas Termal Hot Fluid 535

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW**
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel B. 30. Spesifikasi Heat Exchanger E-04 538
Tabel B. 31. Data Perhitungan Pompa 550
Tabel B. 32. Hasil Perhitungan Head Pompa 555
Tabel B. 33. Komposisi Feed Inlet R-02 561
Tabel B. 34. Nilai Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Gas Inlet 563
Tabel B. 35. Nilai Konstanta Perhitungan Viskositas Gas Inlet 564
Tabel B. 36. Komposisi Larutan MDEA dan Gas Terlarut 591
Tabel B. 37. Nilai Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Hot Fluid 592
Tabel B. 38. Nilai Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Cold Fluid 593
Tabel B. 39. Nilai Konstanta Perhitungan Viskositas Hot Fluid 593
Tabel B. 40. Nilai Konstanta Perhitungan Viskositas Cold Fluid 593
Tabel B. 41. Nilai Konstanta Perhitungan Densitas Hot Fluid 594
Tabel B. 42. Nilai Konstanta Perhitungan Konduktivitas Termal Hot Fluid 595
Tabel B. 43. Nilai Konstanta Perhitungan Konduktivitas Termal Cold Fluid 595
Tabel B. 44. Spesifikasi Heat Exchanger E-05 598
Tabel B. 45. Data Perhitungan Pompa 611
Tabel B. 46. Hasil Perhitungan Head Pompa 616
Tabel B. 47. Data Arus Gas Masuk Keseluruhan 622
Tabel B. 48. Nilai Konstanta Perhitungan Viskositas Gas 623
Tabel B. 49. Densitas Gas Tiap Komponen 624
Tabel B. 50. Data Densitas dan Viskositas Gas Campuran 625
Tabel B. 51. Komposisi Umpan Absorber AB-01 636
Tabel B. 52. Data Hasil Perhitungan Nilai kT/ε_AB 637
Tabel B. 53. Hasil Perhitungan Simpson's Rule 643
Tabel B. 54. Data Hubungan Diameter Dalam Menara dan Ukuran Grid Plate 649
Tabel B. 55. Spesifikasi Heat Exchanger E-03 670
Tabel B. 56. Hasil Perhitungan E-03 670

Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel B. 57. Pressure Drop E-03 672
Tabel B. 58. Data Konstanta Perhitungan Viskositas Gas (Yaws, 1999) 674
Tabel B. 59. Data Perhitungan Viskositas Cairan 676
Tabel B. 60. Data Perhitungan Densitas Cairan 676
Tabel B. 61. Data Perhitungan Densitas Cairan 677
Tabel B. 62. Hasil Perhitungan Koefisien Difusivitas 683
Tabel B. 63. Data Perhitungan Stripper 697
Tabel B. 64. Data Sifat Fisis Fluida Heat Exchanger E-07 709
Tabel B. 65. Spesifikasi Heat Exchanger E-07 712
Tabel B. 66. Perhitungan hio dan ho E-07 714
Tabel B. 67. Pressure Drop E-07 715
Tabel B. 68. Data Perhitungan Pompa 722
Tabel B. 69. Hasil Perhitungan Head Pompa 726

LAMPIRAN C

Tabel C. 1. Spesifikasi Coarse Screener (Bar Racks) 732
Tabel C. 2. Spesifikasi Screener yang Digunakan 733
Tabel C. 3. Spesifikasi Sea Water Reverse Osmosis 746
Tabel C. 4. Daftar Input Cold Basin 758
Tabel C. 5. Data Garis Kesetimbangan dan Garis Operasi 764
Tabel C. 6. Perhitungan Integrasi Metode Trapezoidal 768
Tabel C. 7. Hasil Perhitungan Head Pompa 794
Tabel C. 8. Hasil Perhitungan Perancangan Pompa Utilitas 799

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW**
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

BAB I

Gambar 1. 1. Produksi Batu Bara di Indonesia 3
Gambar 1. 2. Pemanfaatan Syngas 4
Gambar 1. 3. Ilustrasi Ketiga Jenis Gasifier 12

BAB IV

Gambar 4. 1. Diagram Kualitatif Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik dengan Kapasitas Produksi 250 MW 28
Gambar 4. 2. Diagram Kuantitatif Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik dengan Kapasitas Produksi 250 MW 29
Gambar 4. 3. Process Engineering Flow Diagram Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik dengan Kapasitas Produksi 250 MW. 30

BAB VIII

Gambar 8. 1. Process Flow Diagram Pengolahan Air Laut 86

BAB IX

Gambar 9. 1. Layout Pabrik Keseluruhan (Skala 1:2500) 127
Gambar 9. 2. Jarak Antar Alat Proses di Pabrik 129
Gambar 9. 3. Jarak Antar Alat Proses di Pabrik 129
Gambar 9. 4. Layout Pabrik Untuk Area Proses (Skala 1:1000) 130

BAB X

Gambar 10. 1. Struktur Organisasi Manajemen SHE 143
Gambar 10. 2. Study Node pada Furnace F-01 197

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW**
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 10. 3. Furnace F-01 berdasarkan Identifikasi HAZOP 204
Gambar 10. 4. Study Node pada Gasifier R-01 207
Gambar 10. 5. Gasifier R-01 berdasarkan Identifikasi HAZOP 222
Gambar 10. 6. Skema Layer of Protection Analysis 224

BAB XI

Gambar 11. 1. Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Syngas untuk Pembangkit Listrik 229
Gambar 11. 2. Kebutuhan Operator untuk Berbagai Macam Alat Proses (Ulrich, 1984). 247

BAB XII

Gambar 12. 1. Hubungan Nilai CEPCI terhadap Tahun 260
Gambar 12. 2. Nilai Faktor Lang Berdasarkan Tipe Pabrik 283
Gambar 12. 3. Grafik Break Even Point dan Shutdown Point 290
Gambar 12. 4. Grafik Analisis Sensitivitas terhadap Nilai DCFRR 291

LAMPIRAN A

Gambar A. 1. Skema Coal Yard 300
Gambar A. 2. Skema Tumpukan Coal 301
Gambar A. 3. Tampak Depan Tumpukan Coal 301
Gambar A. 4. Skema Conical Roof (Brownell dan Young, 1979) 307
Gambar A. 5. Skema Pompa P-01 309
Gambar A. 6. Dimensi Pipa (Kern, 1965) 311
Gambar A. 7. Tebal Standar Pipa 312
Gambar A. 8. Grafik Hubungan Diameter Pipa dengan Kekasaran Relatif (Brown, 1950) 315

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar A. 9. Grafik Hubungan Reynold, Kekasaran Relatif dan Faktor Friksi (Brown, 1950) 316
Gambar A. 10. Panjang Ekuivalen Berbagai Alat 317
Gambar A. 11. Spesifikasi Pompa 320
Gambar A. 12. Efisiensi Pompa Sentrifugal 321
Gambar A. 13. Efisiensi Motor Listrik 322
Gambar A. 14. Spesifikasi Belt Conveyor 325
Gambar A. 15. Kapasitas Maksimum Belt Conveyor 326
Gambar A. 16. Efisiensi Motor Listrik (Sinnott, 1999) 328
Gambar A. 17. Spesifikasi Ball Mill 329
Gambar A. 18. Daftar Nilai Aperture dan Wire Diameter Standar (Perry, 1997) 332
Gambar A. 19. Grafik Unit Capacity sebagai Fungsi Square Opening (Peryy, 1997) 333
Gambar A. 20. Slotted-Opening Factors untuk Beberapa Jenis Screen 334
Gambar A. 21. Ukuran Screw Feeder 336
Gambar A. 22. Flue Gas Rates (Evans, 1974) 339
Gambar A. 23. Absorption Efficiency of the Banks 343
Gambar A. 24. Partial pressure of CO_2 + H_2O in Flue Gas 344
Gambar A. 25. Gas Emissivity 345
Gambar A. 26. Overall Radiant Exchange Factors 346
Gambar A. 27. Heat Content of Flue Gas 347
Gambar A. 28. Heat Content of Flue Gas 349
Gambar A. 29. Skema Quench Heat Exchanger HE-02 353
Gambar A. 30. Flooding and Pressure Drop in Random-Packed Towers 355
Gambar A. 31. Spesifikasi Packing (Treybal, 1981) 356
Gambar A. 32. Grafik Penentuan Jenis Kompresor 359
Gambar A. 33. Skema Silo 364

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar A. 34. Data Ukuran dan Performa Belt Conveyor for Troughed Antifriction Idlers 370
Gambar A. 35. Berat Rata-Rata Flight Conveyor dan Belt Conveyor 371
Gambar A. 36. Grafik Efisiensi Motor Tiga Fase terhadap Daya Motor 373
Gambar A. 37. Skema Torispherical Head 378
Gambar A. 38. Tabel icr dan r untuk Head Mixer (Brownell dan Young, 1979) 379
Gambar A. 39. Nilai Straight Flange untuk Mixer (Brownell dan Young, 1979) 380
Gambar A. 40. Skema Mixer 382
Gambar A. 41. Kecepatan Pengaduk Standar (Rase, 1977) 384
Gambar A. 42. Grafik Hubungan antara Reynold dengan Nilai Np (Rase, 1977) 385
Gambar A. 43. Grafik Penentuan Nilai LMTD Correction Factor (Kern, 1965) 389
Gambar A. 44. Layout Heat Exchanger Tube Side (Kern, 1965) 391
Gambar A. 45. Dimensi Heat Exchanger Tube Side (Kern, 1965) 392
Gambar A. 46. Skema Wet Scrubber NH_3 WS-02 397
Gambar A. 47. Spesifikasi Packing (Treybal, 1981) 403
Gambar A. 48. Flooding and Pressure Drop in Random-Packed Towers (Treybal, 1981) 404
Gambar A. 49. Grafik Hubungan antara Nilai F_{LV} dengan Nilai Kv (Evans, 1980) 422
Gambar A. 50. Skema Conical Roof 430
Gambar A. 51. Skema Pompa P-05 435
Gambar A. 52. Ukuran Standar Pipa 436
Gambar A. 53. Panjang Ekuivalen Berbagai Alat (Brown, 1950) 440
Gambar A. 54. Spesifikasi Pompa 442
Gambar A. 55. Efisiensi Pompa dan Motor Listrik 443

LAMPIRAN B

Gambar B. 1. Flowsheet Gasifikasi Batu Bara 454
Gambar B. 2. Hasil Simulasi Aspen Plus 456

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW**
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar B. 3. Skema Torisphrical Head 459
Gambar B. 4. Data Nilai Straight Flange berdasarkan Ketebalan 460
Gambar B. 5. Gambar Teknik Gasifier (R-01) 467
Gambar B. 6. Emisivitas Standar Uap Air 470
Gambar B. 7. Emisivitas Standar Karbon Dioksida 471
Gambar B. 8. Emisivitas Standar Karbon Monoksida 472
Gambar B. 9. Koreksi Binary Overlap Campuran H_2O dan CO_2 474
Gambar B. 10. Koreksi Binary Overlap Campuran H_2O dan CO 475
Gambar B. 11. Koreksi binary overlap campuran CO_2 dan CO 476
Gambar B. 12. Skema Pompa P-07 479
Gambar B. 13. Ukuran Standar Pipa 482
Gambar B. 14. Spesifikasi Pompa 486
Gambar B. 15. Efisiensi Pompa 487
Gambar B. 16. Efisiensi Motor Listrik 488
Gambar B. 17. Skema Wet Scrubber HCl WS-01 490
Gambar B. 18. Spesifikasi Packing (Treybal, 1981) 497
Gambar B. 19. Flooding and Pressure Drop in Random-Packed Towers (Treybal, 1981) 498
Gambar B. 21. Flooding and Pressure Drop in Random-Packed Towers (Treybal, 1981) 500
Gambar B. 22. Grafik Collision Function for Diffusion (Treybal, 1981) 505
Gambar B. 23. Nilai Allowable Stress (Brownell&Young, 1979) 513
Gambar B. 24. Skema Elliptical Dished Head 514
Gambar B. 25. Nilai icr dan r pada OD 78 (Brownell&Young, 1979) 515
Gambar B. 26. Data Hubungan Ketebalan Head dengan Straight Flange 516
Gambar B. 27. Bentuk Trough Distributor 518
Gambar B. 28. Bentuk Grid Plate 519
Gambar B. 29. Ilustrasi Shell dan Isolator Wet Scrubber HCl WS-01 524
Gambar B. 30. Skema Insulasi 527

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW**
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar B. 31. Gambar Teknik Wet Scrubber HCl (WS-01) 530
Gambar B. 32. Tube Side Heat-transfer Curve (Kern, 1965) 540
Gambar B. 33. Tube-side Friction Factors (Kern, 1965) 543
Gambar B. 34. Tube-side Return Pressure Loss (Kern, 1965) 544
Gambar B. 35. Shell-side Friction Factors (Kern, 1965) 545
Gambar B. 36. Skema Pompa P-01 546
Gambar B. 37. Dimensi Pipa (Kern, 1965) 548
Gambar B. 38. Tebal Standar Pipa 549
Gambar B. 39. Grafik Hubungan Diameter Pipa dengan Kekasaran Relatif (Brown, 1950) 552
Gambar B. 40. Grafik Hubungan Reynold, Kekasaran Relatif dan Faktor Friksi (Brown, 1950) 553
Gambar B. 41. Panjang Ekuivalen Berbagai Alat 554
Gambar B. 42. Spesifikasi Pompa 556
Gambar B. 43. Efisiensi Pompa Sentrifugal 558
Gambar B. 44. Efisiensi Motor Listrik 558
Gambar B. 45. Skema Neraca Massa pada R-02 566
Gambar B. 46. Grafik Konversi Terhadap Panjang Reaktor 569
Gambar B. 47. Grafik Temperatur Terhadap Panjang Reaktor 569
Gambar B. 48. Grafik Tekanan Terhadap Panjang Reaktor 570
Gambar B. 49. Grafik Massa COS Terhadap Panjang Reaktor 570
Gambar B. 50. Nilai Allowable Stress (Brownell&Young, 1979) 577
Gambar B. 51. Skema Elliptical Dished Head 578
Gambar B. 52. Nilai icr dan r pada OD 168 (Brownell&Young, 1979) 579
Gambar B. 53. Ilustrasi Shell dan Isolator Reaktor R-02 584
Gambar B. 54. Skema Insulasi 587
Gambar B. 55. Gambar Teknik COS Hidrolisis (R-02) 590

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW**
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar B. 56. Grafik Penentuan Nilai LMTD Correction Factor (Kern, 1965)..... 597
Gambar B. 57. Tube-side Heat-transfer Curve (Kern, 1965)..... 601
Gambar B. 58. Shell-side Heat-transfer Curve (Kern, 1965)..... 603
Gambar B. 59. Tube-side Friction Factors (Kern, 1965) 604
Gambar B. 60. Shell-side Friction Factors (Kern, 1965) 605
Gambar B. 61. Skema Pompa P-02..... 607
Gambar B. 62. Ukuran Standar Pipa..... 609
Gambar B. 63. Tebal Standar Pipa 610
Gambar B. 64. Grafik Hubungan Diameter Pipa dengan Kekasaran Relatif..... 613
Gambar B. 65. Grafik Hubungan Reynold, Kekasaran Relatif, dan Faktor Friksi (Brown, 1950)..... 614
Gambar B. 66. Panjang Ekuivalen Berbagai Alat (Brown, 1950) 615
Gambar B. 67. Spesifikasi Pompa 617
Gambar B. 68. Efisiensi Pompa Sentrifugal 619
Gambar B. 69. Efisiensi Motor Listrik 619
Gambar B. 70. Penentuan Sumbu Y dengan Figure 6.34 Treybal (1981)..... 630
Gambar B. 71. Penentuan Sumbu Y dengan Figure 6.34 Treybal (1981)..... 633
Gambar B. 72. Grafik Nilai Collision Function for Diffusion (Treybal, 1981)..... 638
Gambar B. 73. Skema Elliptical Dished Head..... 646
Gambar B. 74. Bentuk Trough Distributor 648
Gambar B. 75. Bentuk Grid Plate 649
Gambar B. 76. Proses Transfer Panas..... 658
Gambar B. 77. Gambar Teknik Absorber (AB-01) 662
Gambar B. 78. Grafik Penentuan Nilai LMTD Correction Factor (Kern, 1965)..... 666
Gambar B. 79. Layout Heat Exchanger Tube Side (Kern, 1965) 668
Gambar B. 80. Dimensi Heat Exchanger Tube Side (Kern, 1965) 669
Gambar B. 81. Flooding and Pressure Drop in Random-Packed Towers..... 681

Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar B. 82. Nilai Allowable Stress (Brownell&Young, 1979) 688
Gambar B. 83. Skema Elliptical Dished Head 690
Gambar B. 84. Pemilihan nilai icr dan r untuk OD 156 691
Gambar B. 85. Tabel Pemilihan nilai sf berdasarkan ketebalan 692
Gambar B. 86. Distributor Cairan 694
Gambar B. 87. Support Packing 695
Gambar B. 88. Ilustrasi Transfer Panas Shell dan Isolator 702
Gambar B. 89. Skema Insulasi 705
Gambar B. 90. Gambar Teknik Stripper (S-01) 708
Gambar B. 91. Grafik Penentuan Nilai LMTD Correction Factor (Kern, 1965) 711
Gambar B. 92. Skema Pompa P-03 717
Gambar B. 93. Ukuran Standar Pipa 720
Gambar B. 94. Tebal Standar Pipa 721
Gambar B. 95. Grafik Hubungan Diameter Pipa dengan Kekasaran Relatif (Brown, 1950) 724
Gambar B. 96. Grafik Hubungan Reynold, Kekasaran Relatif, dan Faktor Friksi 725
Gambar B. 97. Panjang Ekuivalen Berbagai Alat (Brown, 1950 725
Gambar B. 98. Spesifikasi Pompa 727
Gambar B. 99. Efisiensi Pompa 729
Gambar B. 100. Efisiensi Motor Listrik 729

LAMPIRAN C

Gambar C. 1. Skema Pengaduk 736
Gambar C. 2. Power Number untuk Berbagai Jenis Impeller (Brown, 1950) 738
Gambar C. 3. Skema Pengaduk 743
Gambar C. 4. Power Number untuk Berbagai Jenis Impeller (Brown, 1950) 745
Gambar C. 5. Data Desain Fixed Bed Ion Exchanger (Perry, 1999) 749

Prarancangan Pabrik Syngas dari Batu Bara dengan Metode Wet Gasification untuk Pembangkit Listrik
dengan Kapasitas Produksi 250 MW
MUHAMMAD FAJRI, Ir. Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah, S.T., M.T., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar C. 6. Physical Propertied of Ion Exchange Material 750
Gambar C. 7. Data Desain Fixed Bed Ion Exchanger (Perry, 1999) 753
Gambar C. 8. Spesifikasi Resin Penukar Ion 754
Gambar C. 9. Data Desain Fixed Bed Exchanger 756
Gambar C. 10. Psychrometric Chart 760
Gambar C. 11. Grafik untuk menentukan Luas Penampang Efektif Cooling Tower (Perry, 1999) 765
Gambar C. 12. Horsepower Chart for a Counterflow Induced-draft Cooling Tower (Perry, 1999) 771
Gambar C. 13. Generalized Pressure Drop Correlation (Sinnott, 2005) 774
Gambar C. 14. Skema Pengaduk 779
Gambar C. 15. Power Number untuk Berbagai Jenis Impeller (Brown, 1950) 781
Gambar C. 16. Skema Pengaduk 784
Gambar C. 17. Power Number untuk Berbagai Jenis Impeller (Brown, 1950) 786
Gambar C. 18. Dimensi Pipa 789
Gambar C. 19. Grafik Hubungan Diameter Pipa dengan Kekasaran Relatif 792
Gambar C. 20. Grafik Hubungan Reynold, Kekasaran Relatif, dan Faktor Friksi (Brown, 1950) 792
Gambar C. 21. Panjang Ekuivalen Berbagai Alat (Brown, 1950) 793
Gambar C. 22. Spesifikasi Pompa 795
Gambar C. 23. Efisiensi Pompa Sentrifugal 796
Gambar C. 24. Efisiensi Motor Listrik 796