

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

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
<i>Process Engineering Flow Diagram.....</i>	<i>30</i>
BAB V NERACA MASSA	31
5. 1. Neraca Massa <i>Overall</i>	31
5. 2. Neraca Massa di <i>Gasifier</i> (R-01).....	32
5. 3. Neraca Massa di Quench Heat Exchanger (E-02)	33
5. 4. Neraca Massa di <i>Mixer</i> (M-01)	34
5. 5. Neraca Massa di <i>Wet Scrubber</i> HCl (WS-01)	35
5. 6. Neraca Massa di Reaktor COS Hidrolisis (R-02)	36
5. 7. Neraca Massa di <i>Wet Scrubber</i> NH ₃ (WS-02).....	37
5. 8. Neraca Massa di <i>Knock Out Drum</i> (KO-01).....	38
5. 9. Neraca Massa di Absorber (AB-01)	39
5. 10. Neraca Massa di <i>Stripper</i> (S-01)	40
BAB VI NERACA PANAS.....	41

BAB VII SPESIFIKASI ALAT	55
BAB VIII UTILITAS	75
8.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	75
8.2. Unit Pembangkit <i>Steam</i>	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 <i>Hazard</i> Bahan	146
10.5. Identifikasi <i>Hazard</i> Proses dan Utilitas	165
10.6. Identifikasi <i>Hazard</i> Limbah	188
10.7. HAZOP pada <i>Furnace</i> (F-01)	197
10.8. HAZOP pada <i>Gasifier</i> (R-01)	206
10.9. <i>Layer of Protection Analysis</i> (LOPA)	224
BAB XI ORGANISASI PERUSAHAAN	227
11.1. Bentuk Perusahaan	227
11.2. Struktur Organisasi Perusahaan	228
11.3. Tugas dan Wewenang	230

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 (<i>General Expenses</i>)	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

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

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

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 SO _x 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

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

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

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

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

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 Keseimbangan 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

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

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

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 (Perry, 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 ₂ O 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

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 α 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 N_p (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 K_v (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

Gambar B. 3. Skema Torispherical 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 ₂ O dan CO ₂	474
Gambar B. 10. Koreksi Binary Overlap Campuran H ₂ O 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 i 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

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 i 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

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

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

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