UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Prarancangan Pabrik Penisilin G Kalium dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 1.500 ton/tahun
DANIEL CHRISTIANTO SETYO PRIHANGKOSO, Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Pengesahan ii
Pernyataan Bebas Plagiasi iii
Kata Pengantar iv
Daftar Isi v
Daftar Gambar vii
Daftar Tabel x
Intisari xv
Abstract xvi

BAB I PENDAHULUAN 17
1. Latar Belakang 17
2. Tinjauan Pustaka 18

BAB II DESKRIPSI PROSES 23

BAB III SPESIFIKASI BAHAN 29
1. Spesifikasi Bahan Baku 29
2. Spesifikasi Produk Utama 35
3. Spesifikasi Produk Samping 36

BAB IV DIAGRAM ALIR KUALITATIF DAN KUANTITATIF 37

***PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM* (PEFD) 39**

BAB V NERACA MASSA 40

BAB VI NERACA PANAS 55

BAB VII SPESIFIKASI ALAT 67

BAB VIII UTILITAS 116
1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air *(Water Treatment Unit)* 116
2. Unit Pembangkit Steam *(Steam Generation Unit)* 125
3. Unit Penyedia Udara Proses *(Process Air System)* 126
4. Unit Penyedia Udara Instrumen *(Instrument Air System)* 128
5. Unit Pendistribusian Listrik *(Power Distribution Unit)* 130
6. Unit Refrigerasi *(Refrigeration Unit)* 135
7. Unit Pengolahan Limbah *(Waste Treatment Unit)* 135
8. Spesifikasi Alat Utilitas 142

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Penisilin G Kalium dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 1.500 ton/tahun
DANIEL CHRISTIANTO SETYO PRIHANGKOSO, Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB IX TATA LETAK PABRIK 155
1. Lokasi Pabrik 155
2. Tata Letak Fasilitas Pabrik 155
3. Tata Letak Peralatan Proses 157

BAB X *SAFETY, HEALTH, AND ENVIRONMENT* (SHE) DAN PENGENDALIAN PROSES 158
1. Sistem Manajemen *Safety, Health, and Environment* (SHE) 158
2. Pertimbangan Aspek *Safety* (Keselamatan) 165
3. Pertimbangan Aspek *Health* (Kesehatan) 199
4. Pertimbangan Aspek *Environment* (Lingkungan) 203
5. *Process Hazard Analysis* (PHA) dengan Metode *Hazard & Operability* (HAZOP) . 208

BAB XI ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN 224
1. Struktur Organisasi Perusahaan 224
2. Diagram Struktur Organisasi Perusahaan 224
3. Tugas dan Wewenang 226
4. Perhitungan Jumlah Operator 234
5. Gaji Karyawan 235
6. Penentuan Jam Kerja Karyawan 236
7. Kesejahteraan Sosial Karyawan 237

BAB XII EVALUASI EKONOMI 239
1. Modal Tetap *(Fixed Capital Investment)* 239
2. Biaya Produksi *(Manufacturing Cost)* 252
3. Modal Kerja *(Working Capital)* 257
4. Pengeluaran Umum *(General Expense)* 257
5. Analisis Profitabilitas 258
6. Analisis Kelayakan 258
7. Analisis Sensitivitas 265

BAB XIII KESIMPULAN 266

Daftar Pustaka 267

Lampiran 273

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Penisilin G Kalium dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 1.500 ton/tahun
DANIEL CHRISTIANTO SETYO PRIHANGKOSO, Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur penisilin secara umum (kiri) dan struktur cincin β-laktam (kanan) (Solomons et al., 2016). 18
Gambar 2. Klasifikasi penisilin. 19
Gambar 3. Struktur kimia penisilin G (Kopelevich, 2002). 20
Gambar 4. Struktur kimia penisilin G kalium (Carl Roth, 2019). 21
Gambar 5. *Process diagram flow* unit pengolahan air. 120
Gambar 6. Diagram blok konsep pengolahan limbah cair. 137
Gambar 7. Skema *anaerobic baffled reactor* (Tchobanoglous et al., 2003). 138
Gambar 8. Skema reaktor UASB (Chong et al., 2012). 140
Gambar 9. Peta lokasi pabrik. 155
Gambar 10. *Layout* (tata letak) fasilitas pabrik, skala 1:1.353. 156
Gambar 11. *Layout* (tata letak) peralatan proses, skala 1:418. 157
Gambar 12. *Process flow diagram boiler* I sebelum dilakukan studi HAZOP. 209
Gambar 13. *Process flow diagram boiler* I setelah dilakukan studi HAZOP. 221
Gambar 14. Diagram organisasi pabrik. 225
Gambar 15. Grafik CEP Cost Index tahun 1953-2019. 240
Gambar 16. Grafik evaluasi *break-even point* (BEP) dan *shut down point* (SDP). 264
Gambar 17. Hubungan perubahan nilai variabel terhadap nilai DCFRR. 265
Gambar 18. Skema *falling film evaporator* beserta variabel perhitungan yang terlibat. 278
Gambar 19. Dimensi *vertical* separator (Sinnott and Towler, 2020). 286
Gambar 20. Skema perancangan *torispherical dished head.* 288
Gambar 21. Algoritma perhitungan tebal isolator dan panas yang hilang setelah diisolasi (q_4). 298
Gambar 22. Skema HE-101. 302
Gambar 23. Profil suhu dalam HE-101. 304
Gambar 24. Faktor koreksi LMTD (F_T) untuk 1 *shell pass*, dan 2 atau lebih *tube pass* (Kern, 1950). 304
Gambar 25. Cuplikan *process flow diagram* untuk P-101. 309
Gambar 26. Panjang ekuivalen untuk *valve* dan berbagai macam *fitting* (Brown et al., 1950). 313
Gambar 27. Panduan memilih pompa sentrifugal (Sinnott, 2005). 315
Gambar 28. Efisiensi pompa sentrifugal sebagai fungsi kapasitas (Sinnott, 2005). 317

Prarancangan Pabrik Penisilin G Kalium dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 1.500 ton/tahun
DANIEL CHRISTIANTO SETYO PRIHANGKOSO, Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 29. Skema operasi fermentor *fed-batch* (Liu, 2016). 321
Gambar 30. Hubungan antara laju umpan substrat terhadap konsentrasi biomassa dan konsentrasi produk di akhir waktu fermentasi. 327
Gambar 31. Hubungan antara konsentrasi biomassa dan konsentrasi produk terhadap waktu fermentasi. 336
Gambar 32. Hubungan antara konsentrasi substrat terhadap waktu fermentasi. 337
Gambar 33. Hubungan antara konsentrasi DO *(dissolved oxygen)* terhadap waktu fermentasi. 338
Gambar 34. Hubungan antara volume *broth* dan waktu fermentasi. 339
Gambar 35. Skema perancangan dimensi fermentor tangki berpengaduk. 340
Gambar 36. Grafik untuk menentukan diameter optimum (Moss dan Basic, 2013). 342
Gambar 37. Skema perancangan *torispherical dished head*. 344
Gambar 38. Pemilihan jenis pengaduk berdasarkan viskositas cairan di dalam fermentor (Doran, 2013). 347
Gambar 39. Skema tangki dengan jumlah pengaduk sebanyak 3 buah (You et al., 2014). 350
Gambar 40. Batasan operasi secara praktik untuk fermentor dengan aerasi dan pengadukan (Liu, 2016). 352
Gambar 41. Korelasi antara bilangan Reynolds *impeller* (Re_i) dengan bilangan power (N_P) untuk *Rushton turbine* pada fluida non-Newtonian dalam tangki yang dilengkapi dengan *baffle* dan kondisi *ungassed* (Metzner et al., 1961). 353
Gambar 42. *Mechanical foam breaker* (Kok and Zajic, 1975). 358
Gambar 43. Penampang dari atas *mechanical foam breaker* (Kok and Zajic, 1975). 359
Gambar 44. Penampang dari samping *mechanical foam breaker* (Kok and Zajic, 1975). 359
Gambar 45. Dimensi HydroWhirl® Poseidon (BETE Fog Nozzle Inc., 2018). 366
Gambar 46. *Reinforcing plate* bentuk *diamond* dan *circular* (American Petroleum Institute, 2016). 379
Gambar 47. Skema HE-301. 388
Gambar 48. Profil suhu dalam HE-301. 390
Gambar 49. Cuplikan *process flow diagram* untuk P-301. 396
Gambar 50. Panjang ekuivalen untuk *valve* dan berbagai macam *fitting* (Brown et al., 1950). 400
Gambar 51. Skema *fluidized bed dryer* (SaintyTec, 2019). 407

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Penisilin G Kalium dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 1.500 ton/tahun
DANIEL CHRISTIANTO SETYO PRIHANGKOSO, Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 52. Skema aliran pada *fluidized bed dryer*. 409
Gambar 53. Kiri: profil suhu udara pengering pada berbagai ketinggian *dryer*. Kanan: profil kadar air dalam udara pengering pada berbagai ketinggian *dryer*..... 416
Gambar 54. Skema perancangan *torispherical dished head*. 420
Gambar 55. *Assembly* semi detail *fluidized bed dryer* (FD-301). 427
Gambar 56. Skema HE-302. 428
Gambar 57. Profil suhu dalam HE-302..... 430
Gambar 58. Cuplikan *process flow diagram* untuk P-302..... 435
Gambar 59. Panjang ekuivalen untuk *valve* dan berbagai macam *fitting* (Brown et al., 1950). 439

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Prarancangan Pabrik Penisilin G Kalium dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 1.500 ton/tahun
DANIEL CHRISTIANTO SETYO PRIHANGKOSO, Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan *solid-state fermentation* dan *submerged fermentation*..... 22
Tabel 2. Komponen *molasses* beserta fraksi massanya. 29
Tabel 3. Komposisi *corn steep liquor* beserta persen beratnya. 30
Tabel 4. Hasil perhitungan neraca massa pada RF-101. 40
Tabel 5. Hasil perhitungan neraca massa pada RH-101. 40
Tabel 6. Hasil perhitungan neraca massa pada E-101. 41
Tabel 7. Hasil perhitungan neraca massa pada SF-201. 41
Tabel 8. Hasil perhitungan neraca massa pada PF-201. 42
Tabel 9. Hasil perhitungan neraca massa pada PF-202. 43
Tabel 10. Hasil perhitungan neraca massa pada PF-203. 44
Tabel 11. Hasil perhitungan neraca massa pada PF-204. 45
Tabel 12. Hasil perhitungan neraca massa pada F-201..... 46
Tabel 13. Hasil perhitungan neraca massa pada RF-301. 47
Tabel 14. Hasil perhitungan neraca massa pada V-301. 47
Tabel 15. Hasil perhitungan neraca massa pada CE-301. 48
Tabel 16. Hasil perhitungan neraca massa pada CT-301. 48
Tabel 17. Hasil perhitungan neraca massa pada CE-302. 49
Tabel 18. Hasil perhitungan neraca massa pada E-301. 49
Tabel 19. Hasil perhitungan neraca massa pada CR-301. 50
Tabel 20. Hasil perhitungan neraca massa pada CF-301. 50
Tabel 21. Hasil perhitungan neraca massa pada FD-301. 51
Tabel 22. Hasil perhitungan neraca massa pada JM-301. 51
Tabel 23. Hasil perhitungan neraca massa pada V-302. 52
Tabel 24. Hasil perhitungan neraca massa pada RF-302. 53
Tabel 25. Hasil perhitungan neraca massa pada RD-301. 54
Tabel 26. Hasil perhitungan neraca panas pada RH-101. 55
Tabel 27. Hasil perhitungan neraca panas pada E-101 efek I. 55
Tabel 28. Hasil perhitungan neraca panas pada E-101 efek II. 56
Tabel 29. Hasil perhitungan neraca panas pada HE-101. 56
Tabel 30. Hasil perhitungan neraca panas pada PF-201. 57
Tabel 31. Hasil perhitungan neraca panas pada PF-202. 57
Tabel 32. Hasil perhitungan neraca panas pada PF-203. 58

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Penisilin G Kalium dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 1.500 ton/tahun
DANIEL CHRISTIANTO SETYO PRIHANGKOSO, Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 33. Hasil perhitungan neraca panas pada PF-204. 59
Tabel 34. Hasil perhitungan neraca panas pada F-201. 59
Tabel 35. Hasil perhitungan neraca panas pada HE-301. 60
Tabel 36. Hasil perhitungan neraca panas pada V-301..... 61
Tabel 37. Hasil perhitungan neraca panas pada HE-302. 62
Tabel 38. Hasil perhitungan neraca panas pada CE-302. 62
Tabel 39. Hasil perhitungan neraca panas pada E-101. 63
Tabel 40. Hasil perhitungan neraca panas pada CR-301. 63
Tabel 41. Hasil perhitungan neraca panas pada FD-301. 64
Tabel 42. Hasil perhitungan neraca panas pada V-302..... 64
Tabel 43. Hasil perhitungan neraca panas pada RF-302..... 65
Tabel 44. Hasil perhitungan neraca panas pada RD-301. 66
Tabel 45. Rincian kebutuhan air untuk keperluan umum. 116
Tabel 46. Rincian kebutuhan air untuk pendinginan alat proses. 117
Tabel 47. Rincian kebutuhan air untuk pemanasan (steam). 117
Tabel 48. Rincian kebutuhan air untuk proses utama. 118
Tabel 49. Rincian kebutuhan air. 119
Tabel 50. Hasil perhitungan dimensi *air filter* pada pre-fermentor (PF-201 s/d. PF-204). 128
Tabel 51. Kebutuhan listrik alat-alat proses. 130
Tabel 52. Kebutuhan listrik alat-alat utilitas. 133
Tabel 53. Komponen *fermentation broth* keluaran *centrifugal extractor* I (CE-301). 136
Tabel 54. Komponen cairan keluaran *centrifuge* (CF-301). 136
Tabel 55. Kelebihan dan kekurangan ABR (Eawag and Spuhler, 2019; Tchobanoglous et al., 2003). 139
Tabel 56. Keunikan dan tantangan dari reaktor UASB (Chong et al., 2012). 141
Tabel 57. Kelebihan dan kekurangan proses ozonasi (Mazille and Spuhler, 2014). 141
Tabel 58. Identifikasi *hazard* bahan-bahan proses serta pengelolaannya. 165
Tabel 59. Identifikasi *hazard* bahan-bahan utilitas serta pengelolaannya. 171
Tabel 60. Identifikasi *hazard* kondisi peralatan proses serta pengelolaannya. 173
Tabel 61. Identifikasi *hazard* kondisi peralatan utilitas serta pengelolaannya. 190
Tabel 62. Identifikasi *hazard* tata letak alat proses..... 195
Tabel 63. Identifikasi *hazard* lokasi proses. 198
Tabel 64. Identifikasi potensi paparan bahan-bahan proses. 199

Prarancangan Pabrik Penisilin G Kalium dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 1.500 ton/tahun
DANIEL CHRISTIANTO SETYO PRIHANGKOSO, Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 65. Identifikasi potensi paparan bahan-bahan utilitas. 201
Tabel 66. Identifikasi *hazard* emisi gas yang ada dalam proses dan utilitas serta pengelolaannya. 203
Tabel 67. Identifikasi *hazard* limbah cair yang ada dalam proses dan utilitas serta pengelolaannya. 204
Tabel 68. Identifikasi *hazard* limbah padat yang ada dalam proses dan utilitas serta pengelolaannya. 206
Tabel 69. Kebutuhan jumlah operator. 234
Tabel 70. Rincian penggajian manajerial. 236
Tabel 71. Rincian penggajian karyawan *(labor)*. 236
Tabel 72. Jadwal pembagian jam kerja *shift*. 237
Tabel 73. Data CEP Cost Index tahun 1953-2019. 240
Tabel 74. Nilai indeks hasil perhitungan tahun 2020-2022. 241
Tabel 75. Perhitungan harga alat proses. 242
Tabel 76. Perhitungan harga alat utilitas. 247
Tabel 77. Perhitungan harga bahan baku proses. 252
Tabel 78. Perhitungan harga bahan baku utilitas. 253
Tabel 79. Perhitungan harga produk. 254
Tabel 80. Perhitungan kebutuhan operator. 255
Tabel 81. Perubahan parameter terhadap nilai DCFRR. 265
Tabel 82. Neraca massa umpan masuk evaporator (E-301). 274
Tabel 83. Perhitungan jumlah air teruapkan pada evaporator (E-301). 274
Tabel 84. Neraca panas umpan evaporator (E-301). 276
Tabel 85. Neraca panas pada konsentrat keluar evaporator (E-301). 277
Tabel 86. Komposisi keluaran reaktor hidrolisis (RH-101). 302
Tabel 87. Perkiraan nilai U_D *overall* untuk sistem pendingin (Kern, 1950). 305
Tabel 88. Ringkasan hasil perhitungan HE-101. 308
Tabel 89. Data sifat fisis fluida untuk P-101. 309
Tabel 90. Kriteria bilangan Reynolds. 311
Tabel 91. Data perhitungan panjang pipa linear dan panjang pipa ekuivalen untuk pipa *suction* maupun *discharge*. 314
Tabel 92. Klasifikasi jenis aliran untuk perancangan pompa sentrifugal 316
Tabel 93. Perkiraan efisiensi motor listrik (Sinnott, 2005). 318
Tabel 94. Neraca massa pada fermentor utama (F-201). 322

Prarancangan Pabrik Penisilin G Kalium dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 1.500 ton/tahun
DANIEL CHRISTIANTO SETYO PRIHANGKOSO, Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 95. Data parameter kinetika yang disediakan oleh Bajpai dan Reuß (1980). 326
Tabel 96. Data kondisi awal untuk perhitungan simulasi. 326
Tabel 97. Data hubungan antara laju umpan substrat terhadap konsentrasi biomassa dan konsentrasi produk di akhir waktu fermentasi. 327
Tabel 98. Hasil *running* simulasi fermentor utama dengan perangkat lunak MATLAB® R2016a. 332
Tabel 99. Perhitungan ΔT_{LMTD}. 362
Tabel 100. Jarak jangkauan pencucian tangki pada berbagai jenis *tank washing nozzle* (BETE Fog Nozzle Inc., 2018). 365
Tabel 101. Dimensi dan spesifikasi berbagai seri HydroWhirl® Poseidon (BETE Fog Nozzle Inc., 2018). 367
Tabel 102. Perhitungan waktu untuk *cleaning-in-place* (CIP) pada fermentor utama (F-201). 368
Tabel 103. Data perancangan untuk perhitungan waktu *cleaning-in-place* (CIP) setiap pre-fermentor. 370
Tabel 104. Hasil perhitungan kebutuhan bahan asam dan basa untuk *cleaning-in-place* (CIP) setiap pre-fermentor. 370
Tabel 105. Perhitungan waktu untuk *cleaning-in-place* (CIP) pada setiap pre-fermentor. 371
Tabel 106. Spesifikasi pipa pemasukan *molasses* ke fermentor utama. 372
Tabel 107. Spesifikasi pipa pemasukan CSL ke fermentor utama. 372
Tabel 108. Spesifikasi pipa pemasukan asam fenilasetat ke fermentor utama. 373
Tabel 109. Spesifikasi pipa pemasukan asam sulfat 98% ke fermentor utama. 373
Tabel 110. Spesifikasi pipa pemasukan amonium sulfat ke fermentor utama. 373
Tabel 111. Spesifikasi pipa pemasukan *antifoam* ke fermentor utama. 374
Tabel 112. Spesifikasi pipa pemasukan *steam* jenuh ke fermentor utama untuk proses SIP. 374
Tabel 113. Spesifikasi pipa pengeluaran *fermentation broth* untuk proses utama. 375
Tabel 114. Spesifikasi pipa pengeluaran cairan untuk proses CIP. 375
Tabel 115. Spesifikasi pipa pengeluaran gas hasil fermentasi. 375
Tabel 116. Spesifikasi pipa pemasukan dan pengeluaran cairan jaket pendingin. 376
Tabel 117. Ketebalan *shell manhole cover plate* dan *bolting flange* dalam sistem satuan British (American Petroleum Institute, 2016). 377

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Penisilin G Kalium dari Tetes Tebu dengan Kapasitas 1.500 ton/tahun
DANIEL CHRISTIANTO SETYO PRIHANGKOSO, Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 118. Dimensi ketebalan *shell manhole neck* dalam sistem satuan British (American Petroleum Institute, 2016). 378

Tabel 119. Dimensi diameter *bolt circle* (D_b) dan diameter *cover plate* (D_c) untuk *shell manhole*, sistem satuan British (American Petroleum Institute, 2016). 379

Tabel 120. Dimensi *shell nozzle* dalam sistem satuan British (American Petroleum Institute, 2007). 380

Tabel 121. Komposisi keluaran fermentor utama (F-201). 388

Tabel 122. Penempatan fluida menurut skala prioritas (Serth and Lestina, 2014). 392

Tabel 123. Ringkasan hasil perhitungan HE-101. 395

Tabel 127. Data sifat fisis fluida untuk P-301. 396

Tabel 125. Data perhitungan panjang pipa linear dan panjang pipa ekuivalen untuk pipa *suction* maupun *discharge*. 401

Tabel 126. Neraca massa pada *fluidized bed dryer* (FD-301). 408

Tabel 127. Nilai perkiraan koefisien transfer panas volumetrik, ha (kkal/(jam·°C·m^3)) untuk berbagai jenis *dryer* (Mujumdar, 2015). 413

Tabel 128. Hasil perhitungan suhu udara pengering (T_g) dan kadar air dalam udara pengering (Y) pada setiap posisi (z) dengan MATLAB® R2016a. 415

Tabel 129. *Voidage* pada keadaan fluidisasi minimum (ϵ_{mf}) (Kunii and Levenspiel, 1991). 419

Tabel 130. Spesifikasi pipa pemasukan udara kering. 424

Tabel 131. Spesifikasi pipa pengeluaran udara dan padatan terbawa. 425

Tabel 132. Komposisi keluaran *centrifugal extractor* I (CE-301). 428

Tabel 133. Ringkasan hasil perhitungan HE-302. 434

Tabel 134. Data sifat fisis fluida untuk P-302. 435

Tabel 135. Data perhitungan panjang pipa linear dan panjang pipa ekuivalen untuk pipa *suction* maupun *discharge*. 440