UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv
INTISARI v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR LAMPIRAN xix
DAFTAR NOTASI xx
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Pengenalan Pompa 1
1.1.1. Definisi Dasar Pompa 1
1.1.2. Klasifikasi Umum Pompa 1
1.2. Proses Train Pengolahan Gas Alam Cair 2
1.3. Latar Belakang Masalah 4
1.3.1. Aplikasi Pompa 4
1.3.2. Pompa Sirkulasi Air Pendingin pada Industri Pencairan Gas Alam 5
1.4. Tujuan Perancangan 5
1.5. Manfaat Perancangan 5
1.6. Rumusan Masalah 6
1.7. Batasan Masalah 6
1.8. Metode Pengambilan Data 6
BAB II SISTEM PEMOMPAAN 7
2.1. Parameter Sistem Pemompan 7

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.1. Fungsi Fluida Kerja 7
2.2.2. Sifat Fluida Kerja 8
2.3. Kondisi Operasi Pemompaan 8
2.4. Lingkungan Instalasi 9
2.5. Sistem Instalasi 9
2.6. Kapasitas Sistem Pemompaan 11
2.7. Head Sistem Pemompaan 11
2.7.1. Head Statis Level Pemompaan 12
2.7.2. Head Statis Tekanan 13
2.7.3. Head Kerugian Aliran pada Sisi Hisap 14
2.7.4. Head Kerugian Aliran pada Sisi Tekan 14
2.7.5. Head Kecepatan Fluida 20
2.7.6. Head Total Sistem 21
2.8. Beban Perencanaan Sistem Pemompaan pada *bep* 22
BAB III PERENCANAAN SPESIFIKASI POMPA 23
3.1. Jenis-jenis Pompa 23
3.1.1. Pompa *Reciprocating* 24
3.1.2. Pompa Putar (*Rotary Pump*) 25
3.1.3. Pompa Impeler (*Impeller Pump*) 27
3.1.4. Pompa Efek Khusus (*Special Effect Pump*) 30
3.2. Dasar Pemilihan Tipe Pompa 30
3.3. Pompa Impeler Vertikal Jenis Sumuran Basah 32
3.3.1. Tatanama Komponen Pompa 32
3.3.2. Batasan Perancangan Komponen Pompa 34
3.4. Kapasitas dan Head Total Pompa 34
3.5. Jumlah Hisapan, Putaran Kerja, Jumlah Tingkat dan Efisiensi Pompa 35
3.5.1. Jumlah Hisapan Pompa 36
3.5.2. Kecepatan Putaran Kerja Pompa 37
3.5.3. Jumlah Tingkat dan Head Impeler Pompa 40
3.5.4. Pemeriksaan Kapasitas, Putaran dan Head Impeler 41

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.6. Daya Masukan Pompa 42
3.6.1. Daya Efektif Pompa 42
3.6.2. Daya Poros Pompa 43
3.7. Penggerak Pompa 44
3.7.1. Jenis-jenis Penggerak Mula 44
3.7.2. Spesifikasi Penggerak Pompa 45
3.8. Bahan Konstruksi Pompa 46
3.9. Data Spesifikasi Dasar Pompa yang Dirancang 47
BAB IV PERENCANAAN IMPELER 48
4.1. Prinsip Kerja Impeler 48
4.2. Tipe Impeler 50
4.2.1. Kecepatan Spesifik Impeler 50
4.2.2. Klasifikasi Impeler Berdasar Kecepatan Spesifik Impeler 52
4.2.3. Pemilihan Tipe Impeler 54
4.3. Geometri Impeler 56
4.3.1. Langkah Perancangan Impeler 56
4.3.2. Diameter Lubang Poros dan Naf Impeler 56
4.3.3. Diameter Sisi Masuk Impeler 59
4.3.4. Diameter Sisi Keluar Impeler 63
4.3.5. Lebar Sisi Keluar Impeler 67
4.3.6. Garis Alir dan Profil Laluan Impeler 70
4.3.7. Sudut Kelengkungan Sudu pada Sisi Masuk Impeler 75
4.3.8. Pemeriksaan Koefisien Penyempitan pada Sisi Masuk Impeler 77
4.3.9. Pemeriksaan Jumlah Sudu Impeler 78
4.3.10. Pemeriksaan Koefisien Pfleiderer 79
4.3.11. Sudut Kelengkungan Sudu pada Sisi Keluar Impeler 80
4.4. Segitiga Kecepatan Impeler 85
4.4.1. Segitiga Kecepatan Impeler pada Sisi Masuk 85
4.4.2. Segitiga Kecepatan Impeler pada Sisi Keluar 87
4.5. Penggambaran Kelengkungan Sudu Impeler 92

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.5.2. Tabel dan Grafik Hasil Perhitungan 94
4.6. Konstruksi Impeler 97
4.7. Material Impeler 98
4.8. Pemeriksaan Kekuatan Impeler 98
BAB V PERENCANAAN DIFUSER 100
5.1. Prinsip Kerja Difuser 100
5.2. Tipe Difuser 100
5.2.1. Jenis-jenis Difuser 100
5.2.2. Pemilihan Tipe Difuser 102
5.3. Geometri Difuser 103
5.3.1. Jumlah Sudu Difuser 103
5.3.2. Diameter Sisi Masuk Difuser 104
5.3.3. Lebar Sisi Masuk Difuser 105
5.3.4. Diameter Sisi Keluar Difuser 106
5.3.5. Profil Laluan Difuser 106
5.3.6. Sudut Kelengkungan Sudu pada Sisi Masuk Difuser 107
5.3.7. Sudut Kelengkungan Sudu pada Sisi Keluar Difuser 108
5.4. Penggambaran Kelengkungan Sudu Difuser 110
5.4.1. Metode Penggambaran Kelengkungan Sudu Difuser 110
5.4.2. Tabel dan Grafik Hasil Perhitugan 112
5.5. Konstruksi Difuser 114
5.6. Material Difuser 114
5.7. Pemeriksaan Kekuatan Difuser 115
BAB VI PERENCANAAN POROS, KOPLING DAN PASAK 117
6.1. Poros Pompa 117
6.1.1. Parameter Perencanaan Poros 117
6.1.2. Konstruksi Poros Pompa 118
6.1.3. Beban Poros Pompa 119
6.1.4. Material Poros Pompa 124
6.1.5. Pemeriksaan Kekuatan Poros 124

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.1.7. Pemeriksaan Kekakuan Poros 131
6.1.8. Pemeriksaan Poros terhadap Putaran Kritis 133
6.1.9. Pemeriksaan Deformasi Panjang Poros 135
6.2. Kopling 137
6.2.1. Fungsi Kopling 137
6.2.2. Jenis-jenis Kopling 137
6.2.3. Kopling Poros Transmisi Pompa 138
6.2.4. Kopling Poros Pompa dan Unit Penggerak 145
6.3. Pasak 150
6.3.1. Fungsi Pasak 150
6.3.2. Jenis-jenis Pasak 150
6.3.3. Spesifikasi Pasak 150
6.3.4. Perencanaan Konstruksi Pasak 151
BAB VII PERENCANAAN BANTALAN DAN PELUMASAN 160
7.1. Parameter Kerja Bantalan 160
7.2. Klasifikasi Bantalan 160
7.2.1. Klasifikasi Umum Bantalan 160
7.2.2. Klasifikasi Bantalan Luncur 161
7.3. Beban Bantalan 162
7.4. Bantalan Aksial Pompa 163
7.4.1. Spesifikasi Bantalan Aksial 163
7.4.2. Konstruksi Bantalan Aksial 163
7.4.3. Kondisi Kerja Bantalan 166
7.5. Bantalan Radial Pompa 172
7.5.1. Spesifikasi Bantalan Radial 172
7.5.2. Konstruksi Bantalan Radial 172
7.5.3. Kondisi Kerja Bantalan 173
7.6. Pelumasan Bantalan 181
7.6.1. Cara-cara Pelumasan 181
7.6.2. Pelumasan Bantalan Aksial 182

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB VIII KOMPONEN PENDUKUNG 185
8.1. Unit Bowl 185
8.1.1. Saluran Masuk 185
8.1.2. Casing Impeler 186
8.2. Unit Pipa Kolom 186
8.2.1. Pipa Kolom 187
8.2.2. Dudukan Bantalan Radial 187
8.3. Unit *Discharge Head* 187
8.3.1. *Elbow* dan *Discharge Flanges* 188
8.3.2. *Driver Pedestal* 188
8.3.3. *Sole Plate* 188
8.4. Perapat dan Sil 189
8.5. Fastener 189
8.5.1. Baut Pengikat Impeler 189
8.5.2. Baut Flens Pipa Kolom 189
8.5.3. *Lock Nut* 189
BAB IX EFISIENSI, KAVITASI DAN KARAKTERISTIK POMPA 190
9.1. Efisiensi Pompa 190
9.1.1. Efisiensi Volumetris 190
9.1.2. Efisiensi Hidrolis 191
9.1.3. Efisiensi Mekanis 192
9.1.4. Efisiensi Total 193
9.2. Kavitasi 194
9.2.1. *Net Positive Suction Head* (*NPSH*) 194
9.2.2. Kecepatan Spesifik Kavitasi 197
9.2.3. Metode Pencegahan Kavitasi 198
9.3. Karakteristik Pompa 199
9.3.1. Karakteristik Pengaturan Celah Impeler 199
9.3.2. Hubungan Head terhadap Kapasitas Pompa 200
9.3.3. Hubungan Daya terhadap Kapasitas Pompa 206

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

9.3.5. Hubungan Head Total Pompa terhadap Head Total Sistem 210
9.3.6. Tabel Karakteristik Pompa 213
9.3.7. Grafik Karakteristik Pompa 216
BAB X PENUTUP 218
DAFTAR PUSTAKA 222
LAMPIRAN .....

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv
INTISARI v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR LAMPIRAN xix
DAFTAR NOTASI xx
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Pengenalan Pompa 1
1.1.1. Definisi Dasar Pompa 1
1.1.2. Klasifikasi Umum Pompa 1
1.2. Proses Train Pengolahan Gas Alam Cair 2
1.3. Latar Belakang Masalah 4
1.3.1. Aplikasi Pompa 4
1.3.2. Pompa Sirkulasi Air Pendingin pada Industri Pencairan Gas Alam 5
1.4. Tujuan Perancangan 5
1.5. Manfaat Perancangan 5
1.6. Rumusan Masalah 6
1.7. Batasan Masalah 6
1.8. Metode Pengambilan Data 6
BAB II SISTEM PEMOMPAAN 7
2.1. Parameter Sistem Pemompan 7

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.1. Fungsi Fluida Kerja 7
2.2.2. Sifat Fluida Kerja 8
2.3. Kondisi Operasi Pemompaan 8
2.4. Lingkungan Instalasi 9
2.5. Sistem Instalasi 9
2.6. Kapasitas Sistem Pemompaan 11
2.7. Head Sistem Pemompaan 11
2.7.1. Head Statis Level Pemompaan 12
2.7.2. Head Statis Tekanan 13
2.7.3. Head Kerugian Aliran pada Sisi Hisap 14
2.7.4. Head Kerugian Aliran pada Sisi Tekan 14
2.7.5. Head Kecepatan Fluida 20
2.7.6. Head Total Sistem 21
2.8. Beban Perencanaan Sistem Pemompaan pada *bep* 22
BAB III PERENCANAAN SPESIFIKASI POMPA 23
3.1. Jenis-jenis Pompa 23
3.1.1. Pompa *Reciprocating* 24
3.1.2. Pompa Putar (*Rotary Pump*) 25
3.1.3. Pompa Impeler (*Impeller Pump*) 27
3.1.4. Pompa Efek Khusus (*Special Effect Pump*) 30
3.2. Dasar Pemilihan Tipe Pompa 30
3.3. Pompa Impeler Vertikal Jenis Sumuran Basah 32
3.3.1. Tatanama Komponen Pompa 32
3.3.2. Batasan Perancangan Komponen Pompa 34
3.4. Kapasitas dan Head Total Pompa 34
3.5. Jumlah Hisapan, Putaran Kerja, Jumlah Tingkat dan Efisiensi Pompa 35
3.5.1. Jumlah Hisapan Pompa 36
3.5.2. Kecepatan Putaran Kerja Pompa 37
3.5.3. Jumlah Tingkat dan Head Impeler Pompa 40
3.5.4. Pemeriksaan Kapasitas, Putaran dan Head Impeler 41

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.6. Daya Masukan Pompa 42
3.6.1. Daya Efektif Pompa 42
3.6.2. Daya Poros Pompa 43
3.7. Penggerak Pompa 44
3.7.1. Jenis-jenis Penggerak Mula 44
3.7.2. Spesifikasi Penggerak Pompa 45
3.8. Bahan Konstruksi Pompa 46
3.9. Data Spesifikasi Dasar Pompa yang Dirancang 47
BAB IV PERENCANAAN IMPELER 48
4.1. Prinsip Kerja Impeler 48
4.2. Tipe Impeler 50
4.2.1. Kecepatan Spesifik Impeler 50
4.2.2. Klasifikasi Impeler Berdasar Kecepatan Spesifik Impeler 52
4.2.3. Pemilihan Tipe Impeler 54
4.3. Geometri Impeler 56
4.3.1. Langkah Perancangan Impeler 56
4.3.2. Diameter Lubang Poros dan Naf Impeler 56
4.3.3. Diameter Sisi Masuk Impeler 59
4.3.4. Diameter Sisi Keluar Impeler 63
4.3.5. Lebar Sisi Keluar Impeler 67
4.3.6. Garis Alir dan Profil Laluan Impeler 70
4.3.7. Sudut Kelengkungan Sudu pada Sisi Masuk Impeler 75
4.3.8. Pemeriksaan Koefisien Penyempitan pada Sisi Masuk Impeler 77
4.3.9. Pemeriksaan Jumlah Sudu Impeler 78
4.3.10. Pemeriksaan Koefisien Pfleiderer 79
4.3.11. Sudut Kelengkungan Sudu pada Sisi Keluar Impeler 80
4.4. Segitiga Kecepatan Impeler 85
4.4.1. Segitiga Kecepatan Impeler pada Sisi Masuk 85
4.4.2. Segitiga Kecepatan Impeler pada Sisi Keluar 87
4.5. Penggambaran Kelengkungan Sudu Impeler 92

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.5.2. Tabel dan Grafik Hasil Perhitungan 94
4.6. Konstruksi Impeler 97
4.7. Material Impeler 98
4.8. Pemeriksaan Kekuatan Impeler 98
BAB V PERENCANAAN DIFUSER 100
5.1. Prinsip Kerja Difuser 100
5.2. Tipe Difuser 100
5.2.1. Jenis-jenis Difuser 100
5.2.2. Pemilihan Tipe Difuser 102
5.3. Geometri Difuser 103
5.3.1. Jumlah Sudu Difuser 103
5.3.2. Diameter Sisi Masuk Difuser 104
5.3.3. Lebar Sisi Masuk Difuser 105
5.3.4. Diameter Sisi Keluar Difuser 106
5.3.5. Profil Laluan Difuser 106
5.3.6. Sudut Kelengkungan Sudu pada Sisi Masuk Difuser 107
5.3.7. Sudut Kelengkungan Sudu pada Sisi Keluar Difuser 108
5.4. Penggambaran Kelengkungan Sudu Difuser 110
5.4.1. Metode Penggambaran Kelengkungan Sudu Difuser 110
5.4.2. Tabel dan Grafik Hasil Perhitugan 112
5.5. Konstruksi Difuser 114
5.6. Material Difuser 114
5.7. Pemeriksaan Kekuatan Difuser 115
BAB VI PERENCANAAN POROS, KOPLING DAN PASAK 117
6.1. Poros Pompa 117
6.1.1. Parameter Perencanaan Poros 117
6.1.2. Konstruksi Poros Pompa 118
6.1.3. Beban Poros Pompa 119
6.1.4. Material Poros Pompa 124
6.1.5. Pemeriksaan Kekuatan Poros 124

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.1.7. Pemeriksaan Kekakuan Poros 131
6.1.8. Pemeriksaan Poros terhadap Putaran Kritis 133
6.1.9. Pemeriksaan Deformasi Panjang Poros 135
6.2. Kopling 137
6.2.1. Fungsi Kopling 137
6.2.2. Jenis-jenis Kopling 137
6.2.3. Kopling Poros Transmisi Pompa 138
6.2.4. Kopling Poros Pompa dan Unit Penggerak 145
6.3. Pasak 150
6.3.1. Fungsi Pasak 150
6.3.2. Jenis-jenis Pasak 150
6.3.3. Spesifikasi Pasak 150
6.3.4. Perencanaan Konstruksi Pasak 151
BAB VII PERENCANAAN BANTALAN DAN PELUMASAN 160
7.1. Parameter Kerja Bantalan 160
7.2. Klasifikasi Bantalan 160
7.2.1. Klasifikasi Umum Bantalan 160
7.2.2. Klasifikasi Bantalan Luncur 161
7.3. Beban Bantalan 162
7.4. Bantalan Aksial Pompa 163
7.4.1. Spesifikasi Bantalan Aksial 163
7.4.2. Konstruksi Bantalan Aksial 163
7.4.3. Kondisi Kerja Bantalan 166
7.5. Bantalan Radial Pompa 172
7.5.1. Spesifikasi Bantalan Radial 172
7.5.2. Konstruksi Bantalan Radial 172
7.5.3. Kondisi Kerja Bantalan 173
7.6. Pelumasan Bantalan 181
7.6.1. Cara-cara Pelumasan 181
7.6.2. Pelumasan Bantalan Aksial 182

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB VIII KOMPONEN PENDUKUNG 185
8.1. Unit Bowl 185
8.1.1. Saluran Masuk 185
8.1.2. Casing Impeler 186
8.2. Unit Pipa Kolom 186
8.2.1. Pipa Kolom 187
8.2.2. Dudukan Bantalan Radial 187
8.3. Unit *Discharge Head* 187
8.3.1. *Elbow* dan *Discharge Flanges* 188
8.3.2. *Driver Pedestal* 188
8.3.3. *Sole Plate* 188
8.4. Perapat dan Sil 189
8.5. Fastener 189
8.5.1. Baut Pengikat Impeler 189
8.5.2. Baut Flens Pipa Kolom 189
8.5.3. *Lock Nut* 189
BAB IX EFISIENSI, KAVITASI DAN KARAKTERISTIK POMPA 190
9.1. Efisiensi Pompa 190
9.1.1. Efisiensi Volumetris 190
9.1.2. Efisiensi Hidrolis 191
9.1.3. Efisiensi Mekanis 192
9.1.4. Efisiensi Total 193
9.2. Kavitasi 194
9.2.1. *Net Positive Suction Head* (*NPSH*) 194
9.2.2. Kecepatan Spesifik Kavitasi 197
9.2.3. Metode Pencegahan Kavitasi 198
9.3. Karakteristik Pompa 199
9.3.1. Karakteristik Pengaturan Celah Impeler 199
9.3.2. Hubungan Head terhadap Kapasitas Pompa 200
9.3.3. Hubungan Daya terhadap Kapasitas Pompa 206

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sirkulasi Air Pendingin Untuk Industri Pencairan Gas Alam
Parjoko, Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

9.3.5. Hubungan Head Total Pompa terhadap Head Total Sistem 210
9.3.6. Tabel Karakteristik Pompa 213
9.3.7. Grafik Karakteristik Pompa 216
BAB X PENUTUP 218
DAFTAR PUSTAKA 222