Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

MOTTO

NASKAH SOAL TUGAS AKHIR

HALAMAN PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR i

INTISARI iii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR LAMPIRAN xii

DAFTAR NOTASI xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang Masalah 1

1.2. Pemasalahan 2

1.3. Asumsi dan Batasan Masalah 2

1.4. Tujuan Perancangan 2

1.5. Manfaat Perancangan 3

BAB II TINJAUAN MASALAH 4

2.1. Kondisi Kerja 4

2.2. Kondisi Fluida 4

2.3. Head dan Kapasitas 6

2.3.1. Menentukan Diameter Pipa Isap dan Pipa Tekan 7

2.3.2. Instalasi Pompa 8

2.3.3. Kerugian pada Pipa Isap 8

2.3.4. Kerugian pada Pipa Tekan 11

Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3.5. Head Total dan Kapasitas Pompa 13
2.4. Pemilihan Pompa 16
2.5. Pemilihan Putaran Pompa 19
2.6. Pemilihan Jumlah Tingkat 21
2.7. Kecepatan Spesifik 23
2.8. Daya Input Pompa 25
2.9. Pemilihan Penggerak Pompa 26

BAB III PERENCANAAN IMPELER 29
3.1. Pemilihan Bentuk Impeler 29
3.2. Poros Impeler 32
3.3. Perhitungan Impeler 35
3.3.1. Diameter Sisi Masuk Impeler 36
3.3.2. Diameter Sisi Keluar Impeler 38
3.3.3. Lebar Sisi Keluar Impeler 40
3.3.4. Penggambaran Garis Alir dan Ujung Masuk Sudu 42
3.3.5. Perhitungan Sudut β_1 untuk Garis Alir A1-A2 46
3.3.6. Pemeriksaan terhadap Jumlah Sudu (z) 46
3.3.7. Pemeriksaan terhadap Koefisien Kontraksi (φ_1) 48
3.3.8. Pemeriksaan terhadap Koefisien *Pfleiderer* (Cp) 48
3.3.9. Perhitungan Sudut β_1' untuk Garis Alir B1B2 dan C1C2 49
3.3.10. Segitiga Kecepatan pada Sisi Masuk 50
3.3.11. Segitiga Kecepatan pada Sisi Keluar 51
3.3.12. Menggambar Sudu Impeler 53
3.3.13. Menghitung Kekuatan Impeler 58

BAB IV PERENCANAAN SALURAN MASUK DAN RUMAH POMPA 61
4.1. Saluran Masuk 61
4.2. Rumah Pompa 64

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.1. Bentuk Volute 65
4.2.2. Perhitungan Volute 65
4.2.2.1. Jarak antara Impeler dan Lidah Volute 67
4.2.2.2. Lebar Volute pada Sisi Masuk 69
4.2.2.3. Jari-jari Penampang Volute dan Jari-jari Volute 70
4.2.2.4. Sudut Lidah Volute 72
4.2.2.5. Tebal Volute 73
4.2.2.6. Diameter Flens Saluran Keluar 74

BAB V POROS DAN PASAK 78
5.1. Perencanaan Poros 78
5.1.1. Gaya Aksial 78
5.1.2. Gaya Radial 78
5.1.2.1. Gaya Radial Dinamis 78
5.1.2.2. Gaya Radial Statis 80
5.1.3. Konstruksi Poros 81
5.1.4. Berat Poros 81
5.1.5. Pemeriksaan Kekuatan Poros 82
5.1.6. Pemeriksaan terhadap Tegangan Geser 85
5.1.7. Pemeriksaan terhadap Defleksi 86
5.1.7.1. Defleksi Lengkungan 86
5.1.7.2. Defleksi Puntiran 88
5.1.8. Pemeriksaan terhadap Putaran Kritis 89
5.1.9. Pemeriksaan terhadap Konsentrasi Tegangan 90
5.2. Perencanaan Pasak 93
5.2.1. Pasak antara Poros dan Impeler 93
5.2.2. Pasak antara Poros dan Kopling 96

BAB VI KOMPONEN PELENGKAP 98
6.1. Bantalan 98

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.1.2. Bantalan *Inboard* 99
6.1.3. Bantalan *Outboard* 101
6.1.4. Pelumasan Bantalan 101
6.1.5. *Locknut* pada Bantalan 102
6.2. Kopling 103
6.2.1. Kekuatan Kopling Flens 105
6.2.2. Baut Pengikat Kopling Flens 107
6.3. Stuffing Box 108
6.4. Pelapis Poros (*Shaft Sleeve*) 109

BAB VII EFISIENSI, KAVITASI DAN KARAKTERISTIK POMPA 110
7.1. Efisiensi 110
7.1.1. Efisiensi Volumetris 110
7.1.2. Efisiensi Hidrolis 111
7.1.3. Efisiensi Mekanis 112
7.1.4. Efisiensi Total atau *Overall Efficiency* 113
7.2. Kavitasi 113
7.2.1. Pengaruh Kavitasi 113
7.2.2. Pemeriksaan terhadap Kavitasi 114
7.2.3. Menghitung $NPSH_A$ 115
7.2.4. Menghitung $NPSH_R$ 116
7.2.5. Kesimpulan 116
7.3. Karakteristik Pompa 116
7.3.1. Hubungan Kapasitas Pompa dengan Head 116
7.3.1.1. Hubungan Kapasitas Pompa dengan Head Euler 116
7.3.1.2. Hubungan Kapasitas Pompa dengan Head Teoritis 117
7.3.1.3. Hubungan Kapasitas Pompa dengan Head Aktual 117
7.3.2. Hubungan Kapasitas Pompa dengan Efisiensi 119
7.3.3. Hubungan Kapasitas Pompa dengan Head Sistem 120
7.4. Tabel Hasil Perhitungan 122

Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7.4.2. Hubungan Kapasitas Aliran dengan Head Aktual dan Head Sistem 123
7.4.3. Hubungan Kapasitas Aliran dengan Efisiensi Pompa 124
7.4.4. Hubungan Kapasitas Aliran dengan Daya Poros Pompa 125

BAB VIII PENUTUP 128

DAFTAR PUSTAKA xvii

LAMPIRAN ix

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Moody untuk mencari nilai f 11
Gambar 2.2. Diagram koreksi untuk fluida kental berkapasitas besar 15
Gambar 2.3. Grafik pemilihan jenis pompa 18
Gambar 2.4. Grafik penentuan jenis *suction* berdasarkan besar head dan kapasitas pada pompa sentrifugal 19
Gambar 2.5. Grafik penentuan η berdasarkan n_s dan Q 21
Gambar 2.6. Grafik karakteristik motor listrik 27
Gambar 3.1. Penentuan jenis impeler berdasarkan nilai kecepatan spesifik 30
Gambar 3.2. Profil impeler *double curvature* dan segitiga kecepatannya 31
Gambar 3.3. Ukuran utama impeler 32
Gambar 3.4. Grafik penentuan efisiensi volumetris 35
Gambar 3.5. Hubungan antara K_{cm1} dan K_{cm2} dengan n_{sQ} 37
Gambar 3.6. Grafik penentuan efisiensi hidrolis 40
Gambar 3.7. Gambar awal impeler 43
Gambar 3.8. Penggambaran garis alir 43
Gambar 3.9. Penggambaran garis alir rancangan 44
Gambar 3.10.Rancangan tip impeler 45
Gambar 3.11.Pembagian segmen dan jari-jari Δs 47
Gambar 3.12.Segitiga kecepatan pada sisi masuk 51
Gambar 3.13.Segitiga kecepatan pada sisi keluar 52
Gambar 3.14.Grafik hubungan r terhadap cm, w dan sudut β garis A1A2 55
Gambar 3.15.Grafik hubungan r terhadap cm, w dan sudut β garis B1B2 56
Gambar 3.16.Grafik hubungan r terhadap cm, w dan sudut β garis C1C2 57
Gambar 3.17.Rancangan kelengkungan sudu impeler 57
Gambar 4.1. Saluran masuk lurus atau miring 61
Gambar 4.2. Saluran masuk melengkung dan mengecil 62
Gambar 4.3. Saluran masuk konsentris 62

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.5. Saluran masuk *volute* 63

Gambar 4.6. Saluran masuk yang dirancang 64

Gambar 4.7. Jenis penampang *volute* 65

Gambar 4.8. Grafik hubungan K_{cv} dan $\frac{d_3 - d_2}{d_2}$ dengan kecepatan spesifik 66

Gambar 4.9. Bentuk rumah *volute* 68

Gambar 4.10.Penampang *volute* 73

Gambar 4.11.Bentuk keluaran rumah *volute* 75

Gambar 4.12.Sudut tirus saluran keluar δ 76

Gambar 4.13.Hubungan antara δ dan kecepatan c_v 76

Gambar 4.14.Rumah *volute* yang dirancang 77

Gambar 5.1. Grafik hubungan n_{sf} dan Q terhadap K_r 79

Gambar 5.2. Konstruksi poros yang direncanakan 81

Gambar 5.3. Gaya-gaya yang bekerja pada poros 82

Gambar 5.4. Momen lengkung pada poros 85

Gambar 5.5. Luasan momen untuk mencari defleksi 86

Gambar 5.6. Faktor konsentrasi tegangan akibat poros bertingkat 91

Gambar 5.7. Faktor konsentrasi tegangan akibat pasak 92

Gambar 5.8. Penampang pasak dan alur pasak 94

Gambar 6.1. Ukuran utama bantalan bola baris tunggal alur dalam 101

Gambar 6.2. *Locknut* 103

Gambar 6.3. Kopling flens luwes 105

Gambar 6.4. Daerah geseran pada flens 105

Gambar 6.5. *Gland* 109

Gambar 7.1. Grafik hubungan antara kapasitas aliran dengan head pompa 126

Gambar 7.2. Grafik hubungan antara kapasitas aliran dengan head aktual dan head sistem 126

Gambar 7.3. Grafik hubungan Kapasitas Aliran dengan efisiensi pompa 127

Gambar 7.4. Grafik hubungan kapasitas aliran dengan daya pompa 127

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat-sifat bubur kertas 6
Tabel 2.2. Panjang ekivalen elemen-elemen pada perpipaan sisi isap 10
Tabel 2.3. Panjang ekivalen elemen-elemen pada perpipaan sisi tekan 12
Tabel 2.4. Putaran sinkron motor listrik 20
Tabel 2.5. Efisiensi pompa pada putaran 1450 rpm 22
Tabel 2.6. Efisiensi pompa pada putaran 975 rpm 22
Tabel 2.7. Penentuan besarnya daya cadangan 26
Tabel 3.1. Perhitungan sudut sentral untuk garis alir A1A2 54
Tabel 3.2. Perhitungan sudut sentral untuk garis alir B1B2 55
Tabel 3.3. Perhitungan sudut sentral untuk garis alir C1C2 56
Tabel 3.4. Perpaduan logam yang harus dihindari dalam pemilihan bahan 58
Tabel 4.1. Perhitungan A_v dan r_v pada berbagai sudut sentral 71
Tabel 4.2. Perhitungan r_v dengan kecepatan rata-rata aliran konstan pada berbagai sudut sentral 72
Tabel 5.1. Hasil perhitungan volume dan berat poros 82
Tabel 5.2. Hasil perhitungan luasan 87
Tabel 5.3. Hasil perhitungan defleksi puntiran 89
Tabel 5.4. Hasil perhitungan kecepatan kritis poros 90
Tabel 5.5. Ukuran pasak dan alur pasak 94
Tabel 6.1. Harga faktor keandalan a_1 100
Tabel 6.2. Harga batas d.n 102
Tabel 7.1. Hubungan antara kapasitas dengan head 122
Tabel 7.2. Hubungan kapasitas aliran dengan head aktual dan head sistem 123
Tabel 7.3. Hubungan kapasitas aliran dengan efisiensi pompa 124
Tabel 7.4. Hubungan kapasitas aliran dengan daya poros pompa 125

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Ukuran Baut dan Mur

Lampiran 2. Tabel Properties Beberapa Besi Tuang

Lampiran 3. Tabel Properites Paduan Besi pada Temperatur Kamar

Lampiran 4. Tabel Properties Beberapa Paduan *Stainless Steel*

Lampiran 5. Ukuran Flens

Lampiran 6. Ukuran Kopling Flens Luwes dan Bautnya

Lampiran 7. Ukuran Bantalan

Lampiran 8. Ukuran *Locknut*

Lampiran 9. Tabel Properties Air

Lampiran 10. Tahanan dari Katup dan Alat Penyambung dari Aliran Cairan

Lampiran 11. Tabel Propeties Dasar dari Pipa Komersial

Lampiran 12. Gambar Instalasi Pompa

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

u = kecepatan suatu titik pada impeler tersebut relatif terhadap tanah (m/s)

w = kecepatan partikel fluida relatif terhadap impeler (m/s)

c = kecepatan absolut partikel fluida yang mengalir melalui impeler relatif terhadap tanah (m/s)

α = sudut antara c dan u (°)

β = sudut antara w dan perpanjangan u (°)

$\dot{m}$ = laju aliran massa fluida (kg/s)

P = daya (Watt)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

H_{th} = head teoritis pompa (m)

γ = berat jenis fluida (N/m^3)

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/s^2

n = kecepatan putar poros pompa (rpm)

Q = kapasitas pompa [SI →(m^3/s) , British →(gpm)]

H = tinggi tekan pompa [SI →(m), British →(ft)]

n_{sq} = kecepatan spesifik kinematik (rpm,)

n_{sp} = kecepatan spesifik dinamik (rpm)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

n_{sf} = bilangan bentuk

P_{sh} = daya poros yang dibutuhkan pompa (Watt)

η_t = efisiensi total pompa

σ_u = kekuatan tarik material (MPa)

σ_y = batas elastis (ksi atau MPa)

τ_a = tegangan geser poros yang diijinkan (MPa)

Kt = faktor koreksi momen puntir jika terjadi tumbukan / kejutan

Cb = faktor koreksi jika terjadi pembebanan lentur.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

d_h = diameter untuk *hub* depan impeler (mm)

d_h' = diameter untuk *hub* belakang impeler (mm)

K_{cm1} = koefisien kecepatan pada sisi masuk impeler

c_{m1} = kecepatan meridian fluida (m/s)

φ_1 = koefisien penyempitan (*constriction coefficient*) pada sisi masuk

A_o = luas penampang sisi masuk impeler (m^2)

c_o = kecepatan fluida masuk impeler (m/s)

A_o' = luas penampang masuk total (m^2)

d_o = diameter impeler pada sisi masuk (mm)

H_{th} = tinggi tekan teoritis untuk impeler dengan jumlah sudu terbatas (m)

c_{m2} = kecepatan meridian pada sisi keluar (m/s)

β_2 = sudut sisi keluar

C_p = koefisien Pfleiderer untuk impeler dengan jumlah sudu terbatas

H = head pompa per tingkat (m)

η_h = efisiensi hidrolis

d_2 = diameter sisi keluar impeler (m)

A_2 = luas penampang sisi keluar impeler yang telah dikoreksi

A_v = luas penampang *volute*

A_{thr} = luas enampang leher volute

φ_2 = koefisien kontraksi pada sisi keluar impeler

φ_t = sudut lidah *volute*

Q' = kapasitas fluida yang melewati impeler

t_2 = lebar *pitch* pada sisi keluar sudu (mm)

s_{u2} = ketebalan sudu pada sisi keluar dalam arah keliling (mm)

z = jumlah sudu

d_2 = diameter sisi keluar impeler (mm)

s_{u1} = tebal sudu pada sisi masuk dalam arah keliling (mm)

s_2 = tebal sudu pada sisi keluar impeler (mm)

Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

e = panjang garis alir tengah (A1A2) (mm)

s_1 = tebal sudu pada sisi *inlet* (mm)

t_1 = lebar *pitch* pada sisi masuk impeler (mm)

λ'_1 = sudut antara *tip* dengan garis alir A1A2 (°)

r_2 = jari-jari lingkaran terluar impeler (mm)

ψ' = koefisien untuk menentukan C_p

u_{1A} = kecepatan tangensial sudu pada titik A1 (m/s)

u_{1B} = kecepatan tangensial sudu pada titik B1 (m/s)

u_{1C} = kecepatan tangensial sudu pada titik C1 (m/s)

Q_L = kebocoran aliran (m^3/s)

c = *Clearance*

H_L = perbedaan tinggi-tekan antara sisi-sisi cincin

υ = sudut overlap (°)

d_4 = diameter sisi masuk difuser (mm)

s_4 = tebal awal sudu difuser (mm)

b_3 = lebar awal difuser (mm)

G = modulus geser elastis (MPa)

J = momen inersia polar (m^4)

θ = defleksi puntir (°)

p = kapasitas beban bantalan luncur (N)

f = koefisien gesek bantalan

σ_c = tegangan desak (MPa)

σ_{ca} = tegangan desak yang diijinkan (MPa)

E = modulus elastisitas (MPa)

η_v = efisiensi volumetris

η_h = efisiensi hidrolis

η_m = efisiensi mekanis

η_{tot} = efisiensi total

NPSH = *Net Positif Suction Head* (m)

$H_{th\infty}$ = head Euler (m)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Transportasi Pulp Pada Pabrik Kertas Kapasitas 7000 GPM, Head 43
M Dan Suhu Pulp 90 derajat celcius
Antonius Heru Wicaksono , Ir. I Made Suardjaja, M.Sc., Ph,.D.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

H_{act} = head aktual (m)

h_h = rugi-rugi hidrolis selama pemompaan (m)

h_s = kerugian hidrolis karena adanya *shock loss* atau *turbulence loss*(m)

h_{fd} = *friction and diffusion loss* (m)

T = momen puntir (N.m)

r_v = jari-jari volute