UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Anton Sri Pujianto, Prof. Ir. Antarto, MSEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

MOTTO

LEMBAR PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR i

HALAMAN SOAL iii

INTISARI iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR TABEL x

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR NOTASI xiv

BAB I PENDAHULUAN 1

BAB II PENGETAHUAN DASAR TENTANG POMPA 3

2.1 Pengenalan pompa 3

2.2 Klasifikasi pompa 4

2.3 Pompa sentrifugal 7

2.3.1 Bedasarkan tinggi tekan (*head*) yang dihasilkan 7

2.3.2 Berdasarkan kapasitas 7

2.3.3 Berdasarkan bentuk rumah 8

2.3.4 Berdasarkan jumlah impeler 8

2.3.5 Berdasarkan arah relatif cairan keluar impeler 9

2.3.6 Berdasarkan saluran pengisapan 9

2.3.7 Berdasarkan posisi poros 10

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3.8 Berdasarkan konstruksi impeler 11

2.4 Penggunaan pompa 11

2.5 Pemilihan pompa 14

2.5.1 Segi teknis 14

2.5.2 segi ekonomi 15

BAB III TEORI DASAR POMPA SENTRIFUGAL 17

3.1 Pompa sentrifugal 17

3.2 Diagram kecepatatan 18

3.3 Persamaan tinggi tekan 20

3.4 Persamaan – persamaan torsi dan daya kuda ideal 24

3.5 Ketidaksempurnaan persamaan – persamaan ideal 25

3.6 Aliran sirkulasi 25

BAB IV PERANCANGAN IMPELER 28

4.1 Perancangan poros impeler 32

4.2 Menentukan ukuran utama impeler 35

4.2.1 Pemilihan jenis impeler 35

4.2.2 Diameter sisi masuk impeler 40

4.2.3 Sudut sudu inlet β_1 43

4.2.4 Lebar inlet b_1 44

4.2.5 Diameter sisi keluar impeler 46

4.2.6 Lebar impeler pada sisi keluar 49

4.2.7 Sudu – sudu impeler dengan kelengkungan tunggal 51

4.2.7.1 Pemeriksaan terhadap jumlah sudu 52

4.2.7.2 Pemeriksaan terhadap koefisien *pfleiderer* (Cp) 52

4.3 Segi tiga kecepatan 53

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.3.1 Segi tiga kecepatan sisi masuk impeler 53

4.3.2 Segi tiga kecepatan sisi keluar impeler 55

4.4 Perencanaan sudu impeler kelengkungan tunggal 58

4.5 Pengecekan kekuatan impeler 60

4.6 Ringkasan hasil perhitungan impeler 62

BAB V PERANCANGAN DIFUSER 64

5.1 Saluran masuk difuser 64

5.2 Saluran keluar difuser 69

BAB VI SUDU – SUDU PENGANTAR DAN RUMAH POMPA 72

6.1 Sudu – sudu pengantar (*return passage*) 72

6.2 Rumah pompa 80

6.2.1 Perhitungan kekuatan casing 82

BAB VII PERANCANGAN POROS 84

7.1 Gaya aksial dan gaya radial 84

7.1.1 Gaya aksial 84

7.1.1.1 Perhitungan gaya aksial 88

7.1.1.2 perhitungan dimensi celah dan cakram 90

7.2 Gaya radial 95

7.2.1 Perhitungan berat impeler 95

7.2.2 Perhitungan berat cakram 98

7.2.3 Perhitungan bobot kopling 100

7.2.4 Konstruksi poros 101

7.3 Pemeriksaan kekuatan poros 103

7.3.1 Pemeriksaan terhadap tegangan geser 106

7.3.2 Pemeriksaan terhadap defleksi 107

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Anton Sri Pujianto, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7.3.2.1 Pemeriksaan terhadap defleksi puntiran 108
7.3.2.2 Defleksi lengkung poros 110
7.3.3 Kecepatan kritis poros 112
7.3.4 Pemeriksaan terhadap pengaruh konsentrasi tegangan 114
7.3.4.1 Pengaruh konsentrasi tegangan pada poro tempat impeler 114
7.3.4.2 Pengaruh konsentrasi tegangan pada poros tempat kopling 117
BAB VIII BANTALAN DAN KOMPONEN PENDUKUNG 120
8.1 Bantalan 120
8.1.1 Umur bantalan 124
8.1.2 Pelumasan bantalan 126
8.2 Stuffing box 126
8.3 Kopling 128
8.3.1 Pemeriksaan kopling 131
8.3.2 Pemeriksaan terhadap baut pengikat kopling 133
8.4 Pasak 134
8.4.1 Pasak impeler dan cakram pengikat 135
8.4.2 Pasak pada kopling 138
BAB IX EFISIENSI DAN KAVITASI 141
9.1 Efisiensi 141
9.1.1 Efisiensi volumetris 141
9.1.2 Efesiensi hidrolis 142
9.1.3 Efisiensi mekanis 143
9.2 Kavitasi 145

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Nurhadi Siswanto, Ir., M.Sc., Ph.D. | Nurhadi Siswanto, Ir., M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

9.2.1 NPSH (Net Positif Suction Head) 146

9.2.1.1 NPSH yang dibutuhkan 147

9.2.1.2 NPSH yang tersedia 149

9.2.2 Pencegahan kavitasi 150

BAB X KARAKTERISTIK POMPA 151

10.1 Hubungan head dengan kapasitas pompa 151

10.1.1 Head euller dengan kapasitas 151

10.1.2 Head teoritis dengan kapasitas 152

10.1.3 Head aktual dengan kapasitas 153

10.2 Hubungan efisiensi dengan kapasitas pomp 158

BAB XI PENUTUP 162

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Anton Sri Pujianto, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil kedudukan titik antara jari – jari inlet dengan jari – jari outlet..... 60

Tabel 7.1 Perhitungan harga k_t..... 109

Tabel 7.2 Hasil perhitungan kecepatan kritis 113

Tabel 10.1 Hasil perhitungan head euller, head teoritis, dan head aktual pada berbagai kapasitas pompa 157

Tabel 10.2 Hasil perhitungan efisiensi pada berbagai kapasitas pompa 161

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Anton Sri Pujiarta, ATOT A. R. (Universitas Gadjah Mada)
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi pompa perpindahan positif 5

Gambar 2.2 Klasifikasi pompa dinamik 6

Gambar 3.1 Diagram – diagram kecepatan masuk dan keluar suatu impeler 19

Gambar 3.2 Diagram kecepatan masuk dan keluar yang semu dari impeler..... 19

Gambar 3.3 Lintasan relatif dan absolut gerakan partikel fluida yang melewati impeler 20

Gambar 3.4 Wadah berputar yang diisi cairan 22

Gambar 3.5 Aliran – aliran sirkulasi, rata, dan gabungan keduanya pada laluan sudu 26

Gambar 3.6 Diagram – diagram kecepatan sisi masuk dan keluar dengan koreksi aliran sirkulasi 27

Gambar 4.1 Diagram koreksi untuk pompa minyak berkapasitas besar 29

Gambar 4.2 Diagram untuk rendemen efektif 30

Gambar 4.3 Kecepatan spesifek dan tipe impeler 38

Gambar 4.4 Tipe – tipe sudu impeler (a) $\beta_2 < 90^\circ$; $\beta_2 = 90^\circ$; $\beta_2 > 90^\circ$ 39

Gambar 4.5 Grafik hubungan antara koefisien k_{cm1}, k_{cm2} dengan n_s 41

Gambar 4.6 Grafik hubungan sudut sisi keluar,β_2 terhadap kecepatan spesifik 47

Gambar 4.7 Grafik hubungan kapasitas dengan dengan efisiansi hidrolis 48

Gambar 4.8 Impeler sentrifugal dengan dengan sudu kelengkungan tunggal 51

Gambar 4.9 a Segi tiga kecepatan sisi masuk impeler 54

Gambar 4.9 b Segi tiga kecepatan sisi keluar impeler 57

Gambar 4.10 Kecepatan – kecepatan dan sudut sudu dilukiskan pada jari – jari impeler 59

Gambar 4.11 Impeler dengan kelengkungan tunggal..... 63

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Penanggung Jawab: Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.1 Grafik penentuan koefisien K_{sec} 68

Gambar 5.2 Perancangan difuser 72

Gambar 6.1 Difuser dengan sudu pengantar yang dibuat terpisah 73

Gambar 6.2 Arah aliran fluida saat meninggalkan difuser 74

Gambar 6.3 Kemiringan sudu sisi keluar laluan balik 78

Gambar 6.4 Penampang volut (a) simetris (b) tidak simetris 81

Gambar 6.5 Sisi keluar (a) tangensial (b) radial 81

Gambar 7.1 Gaya geser aksial 84

Gambar 7.2 Cakram penyeimbang gaya aksial 87

Gambar 7.3 Penampang impeler 96

Gambar 7.4 Cakram pengimbang 98

Gambar 7.5 Penampang flens kopling luwes 100

Gambar 7.6 Konstruksi poros yang direncanakan 101

Gambar 7.7 Diagram gaya – gaya yang bekerja pada poros 103

Gambar 7.8 Defleksi momen yang ditinjau 110

Gambar 7.9 Grafik faktor konsentrasi tegangan β untuk poros bertingkat 115

Gambar 7.10 Grafik faktor konsentrasi tegangan α untuk poros bulat beralur Pasak 116

Gambar 8.1 Bantalan rol silindris 120

Gambar 8.2 Stuffing box dengan *water jaket* 127

Gambar 8.3 Skets kopling flens luwes 130

Gambar 8.4 Geseran pada flens 131

Gambar 8.5 Gaya geser pada pasak 135

Gambar 9.1 Grafik hubungan antara kecepatan spesifik, efisiensi hidrolis, serta koefisien kavitasi Thoma 148

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Anton Sri Puriyanto, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 10.1 Kerugian – kerugian hidrolis 154

Gambar 10.2 Grafik hubungan antara kapasitas pompa (Q) dengan head pompa (m) 162

Gambar 10.3 Grafik hubungan kapasitas pompa (Q) dengan efisiensi (η) 162

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Anton Sri Pujianto, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR SIMBOL

A_h = luas penampang *impeller hub* (m^2)

A_o = luas penampang *impeller eye* (m^2)

BHP = daya kuda rem (HP)

b = lebar sudu (mm)

b_3 = lebar sisi masuk volut (mm)

b_m = lebar sudu rata – rata (mm)

C = kapasitas beban dinamis (Newton)

C_3 = kecepatan rata – rata dalam volut (m/s)

C_b = faktor koreksi beban lentur

C_m = kecepatan meridional (m/s)

C_o = kecepatan aksial (m/s)

C_p = *Pfleiderer's correction*

C_u = komponen tangensial dari kecepatan absolut (m/s)

D = diameter pipa (m)

d = diameter impeler (m)

d_h = diameter *impeller hub* (m)

d_{sh} = diameter poros (mm)

F = gaya tangensial (kg)

FHP = daya kuda fluida (HP)

f = koefisien gesek

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Anton Sri Pujianto, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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

H = head total pompa (m)

H_a = head statis sistem (m)

H_{act} = head aktual (m)

H_d = head kerugian kecepan keluar (m)

H_{cq} = head kerugian pada peralatan – peralatan lain (m)

H_i = head kerugian gesek (m)

H_{ls} = kerugian head di dalam pipa isap (m)

H_p = head tekanan sistem (m)

HP_{DF} = daya kuda yang diperlukan unutk mengatasi gesekan

HP_H = daya kuda yang diperlukan untuk mengatasi kerugian hidrolis

HP_L = daya kuda yang diperlukan untuk mengatasi kebocoran (HP)

HP_M = daya kuda yang diperlukan untuk mengatasi kerugian mekanis

H_s = head isap statis (m)

H_{th} = head teoritis (m)

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

h_d = kerugian kecepatan keluar (m)

h_f = kerugian head (m)

h_{fd} = rugi – rugi gesekan dan difusi (m)

h_h = kerugian – kerugian hidrolis pada pompa (m)

h_{pd} = kerugian gesekan pada cakra (HP)

h_s = rugi – rugi turbulensi (m)

I = momen inersia (mm^4)

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Anton Sri Pujianto, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

J = momen inersia polar (cm^4)

K = faktor gaya radial

K_3 = koefisien empiris yang diambil untuk mengkoreksi distribusi kecepatan

K_{cm1} = koefisien kecepatan

K_t = konstanta pegas puntir (kg.cm/rad)

k_{2cu} = faktor sirkulasi

k_{sh} = konstanta yang diperoleh dari percobaan

L = panjang pipa (m)

M = momen lengkung (kg/cm^2)

$NPSH_A$ = NPSH yang tersedia (m)

$NPSH_R$ = NPSH yang diperlukan (m)

n = kecepatan putar (rpm)

n_{cf} = kecepatan kritis (rpm)

n_{sf} = bilangan bentuk

n_{sp} = kecepatan spesifik dinamis

n_{sQ} = kecepatan spesifik kinematik

P = daya penggerak (HP)

P_a = tekanan absolut dipermukaan cairan yang akan dipompa (kg/cm^2)

P_{bf} = kerugian daya akibat gesekan pada batalan (HP)

P_d = beban ekuivalen (N)

P_m = kerugian mekanis total (HP)

P_{sh} = daya poros pompa (HP)

P_v = tekanan uap jenuh cairan pada temperatur pemompaan (kg/cm^2)

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Anton Sri Pujianto, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Q = kapasitas pompa (m^3/s)

Q' = kapasitas aliran yang melalui impeler (m^3/s)

Q_s = kapasitas pompa tanpa adanya *shock losses* (m^3/s)

q_a = tekanan kontak yang dijinkan (kg/mm^2)

R = beban radial (kg)

Re = bilangan Reynolds

S = tebal sudu (mm)

Sf = faktor keamanan

$s.g$ = berat jenis spesifik fluida yang dipompa

T = momen puntir (kg.mm)

T_f = kerugian torsi (kg.mm)

u = kecepatan keliling (m/s)

V = kecepatan aliran (m/s)

V_d = kecepatan keluar (m/s)

V_{sudu} = volume sudu (mm^3)

W = berat impeler (kg)

z = jumlah sudu

ν = viskositas kinematis (m^2/s)

γ = berat jenis fluida (kg/m^3)

θ = defleksi puntiran (rad)

ε = faktor penyempitan

μ = koefisien gesekan bantalan

β = sudut sudu (^{o})

Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Larutan Air - CMC
Anton Sri Pujianto, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

τ = tegangan geser (kg/cm^2)

σ_a = tegangan desak (kg/mm^2)

σ = kekuatan tarik (kg/cm^2)

σ = koefisien kavitasi Thoma

η_h = efisiensi hidrolis

τ_k = tegangan geser (kg/cm^2)

η_m = efisiensi mekanis

τ_{mak} = tegangan geser maksimal (kg/cm^2)

η_t = efisiensi total

η_v = efisiensi volumetris