UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m

Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.

Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

MOTTO DAN PERSEMBAHAN iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR SIMBOL xiv

BAB 1. PENDAHULUAN 1

1.1. Pengenalan Pompa 1

1.2. Prinsip kerja pompa 2

1.3..Klasifikasi pompa 2

1.4. Penggunaan Pompa 8

1.5. Cara Pemilihan Pompa 9

BAB 2. TINJAUAN MASALAH 13

2.1..Latar Belakang persoalan 13

2.2..Air Tanah 13

2.2.1..Pengetahauan dasar 13

2.2.2..Keadaan air tanah 14

2.2.3..Uji akuifer 15

2.3..Tinjauan Persoalan 20

2.4. Pemilihan pompa 21

Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perpustakaan Universitas Gadjah Mada : Digital Library http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3. Pen
2.4. Pemilihan Motor Penggerak Pompa 27
2.6. Penentuan Bahan Pompa 29
2.7. Kecepatan Spesifik 31
BAB 3. PERENCANAAN IMPELER 34
3.1. Tipe Impeler 34
3.2. Dimensi Impeler 35
3.2.1. Poros impeler 36
3.2.2. Kelengkungan impeler 38
3.2.3. Impeler dengan sudu-sudu kelengkungan ganda 38
3.2.4. Sisi masuk impeler 39
3.2.5. Sisi keluar impeler 50
3.3. Koreksi Terhadap Besaran Yang ditentukan 55
3.3.1. Koreksi terhadap harga φ_1 55
3.3.2. Koreksi terhadap harga (1 + Cp) 55
3.3.3. Koreksi terhadap jumlah sudu 56
3.4. Segitiga Kecepatan 57
3.4.1. Segitiga kecepatan sisi masuk 57
3.4.2. Segitiga kecepatan sisi keluar 59
3.5. Perencanaan Kelengkungan Sudu Impeler 61
3.6. Pemeriksaan Terhadap Kekuatan Impeler 70
3.7. Perencanaan Pasak Pengikat Impeler 72
3.8. Pemeriksaan Terhadap Tekanan Permukaan 74
3.9. Ringkasan Hasil Perhitungan Impeler 75

BAB 4 PEREN Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
4.1 Saluran Masuk Difuser 77
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2. Saluran Keluar Difuser 82

BAB 5. PERENCANAAN POROS DAN BANTALAN 84

5.1. Poros 84

5.1.1. Gaya aksial 84

5.1.2. Konstruksi poros 94

5.1.3. Penyeimbang gaya aksial 96

5.1.4. Pemeriksaaan poros terhadap tegangan geser 97

5.1.5. Pemeriksaan poros terhadap defleksi puntiran 98

5.1.6. Pemeriksaaan terhadap tekukan 100

5.1.7. Pemeriksaaan terhadap pengaruh konsentrasi tegangan 101

5.2. Bantalan 105

5.2.1. Bantalan atas 111

5.2.2. Bantalan bawah 113

5.2.3. Pelumasan bantalan 114

BAB 6. PERENCANAAN KOMPONEN PENDUKUNG 117

6.1. Kopling 117

6.2. Baut Pengunci 122

6.3. *Stuffing Box* 124

6.4. Pasak 125

BAB 7. EFISIENSI TOTAL POMPA 129

7.1. Efisiensi 129

7.1.1. Efisiensi hidrolis 129

7.1.2. Efisiensi volumetris 130

7.1 Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7.1.4. Efisiensi total 133

BAB 8. KARAKTERISTIK POMPA 134

8.1. Hubungan head Dengan Kapasitas Pompa 134

8.1.1. Head Euller dengan kapasitas 134

8.1.2. Head teoritis dengan kapasitas 135

8.1.3. Head aktual dengan kapasitas 137

8.2. Hubungan Efisiensi dengan Kapasitas Pompa 141

8.3. Hubungan Head Sisitem Dengan Kapasitas Pompa 146

BAB 9. PENUTUP 152

DAFTAR PUSTAKA 157

LAMPIRAN 158

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 2.1. Instalasi sumur dalam 14

Gambar 2.2. Grafik hubungan antara besarnya penurunan permukaan air (s) terhadap kapasitas pemompaan (Q) 16

Gambar 2.3. Kurva hubungan antara $s\text{-}r^2/t$ 17

Gambar 2.4. Kurva standor hub 17

Gambar 2.5. Pemilihan jenis pompa 22

Gambar 2.6. Penentuan efisiensi total pompa 25

Gambar 3.1. Profil impeler sentrifugal 36

Gambar 3.2. Grafik efisiensi volumetris berdasarkan n_s dan Q 39

Gambar 3.3. Penentuan harga k_{cm1} dan k_{cm2} 40

Gambar 3.4. Bentuk impeler dengan kelengkungan ganda 42

Gambar 3.5. Jarak lingkar sudu impeler pada sisi masuk 44

Gambar 3.6. Grafik hubungan sudut keluar dengan kecepatan spesifik 51

Gambar 3.7. Jarak lingkar sudu pada sisi keluar 53

Gambar 3.8. Segitiga kecepatan impeler 57

Gambar 3.9. Segitiga kecepatan sisi masuk impeler 58

Gambar 3.10. Segitiga kecepatan sisi keluar impeler 61

Gambar 3.11. Grafik hubungan antara r terhadap C_m-w 68

Gambar 3.12. Melukis kelengkungan sudu 69

Gambar 4.1. Bentuk difuser untuk kelengkunganganda 77

Gambar 4.2. Grafik penentuan koefisien k_{ccv} 80

Gambar 5.1. Gaya aksial pada impeler sentrifugal 84

Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.2. Konstruksi poros 95

Gambar 5.3. Konstruksi poros 95

Gambar 5.4. Grafik penentuan faktor konsentrasi tegangan 102

Gambar 5.5. Penentuan faktor konsntrasi tegangan pada alur pasak 104

Gambar 8.1. Grafik kerugian hidrolis terhadap kapasitas 137

Gambar 8.2. Grafik hubungan antara head aktual dengan kapasitas 141

Gambar 8.3. Grafik hubungan antara daya kuda dengan kapasitas 145

Gambar 8.4. Grafik hubungan antara efisiensi dengan kapasitas 145

Gambar 8.5. Grafik hubungan antara head sistem dengan kapasitas 151

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 1.1. Perbedaan karakteristik antara pompa dengan poros mendatar dan poros tegak 5

Tabel 1.2. Perbedaan pompa sentrifugal dengan pompa torak 7

Tabel 1.3. Pemilihan pompa sesuai dengan kondisi pemakaiannya 12

Tabel 2.1. Putaran sinkron motor listrik 24

Tabel 2.2. Perbandingan tingkat pompa terhadap efisiensi 26

Tabel 2.3. Faktor cadangan 27

Tabel 2.4. Efisiensi transmisi penggerak poros 28

Tabel 2.5. Pemilihan motor listrik untuk pompa benam 28

Tabel 3.1. Berbagai tipe impeler 35

Tabel 3.2. Bahan poros yang umum dipakai 37

Tabel 3.3. Perhitungan variasi sudut β pada garis alir B1B2 64

Tabel 3.4. Perhitungan variasi sudut β pada garis alir A1A2 65

Tabel 3.5. Pehitungan variasi sudut β pada garis alir C1C2 66

Tabel 8.1. Pehitungan head dengan variasi kapasitas pompa 140

Tabel 8.2. Perhitungan daya kuda dan efisiensi dalam kapasitas 144

Tabel 8.3. Perhitungan head sistem dengan variasi kapasitas 150

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Q : kapasitas aliran

Q_r : kapasitas perencanaan

P : tekanan air

γ : berat jenis air

g : percepatan gravitasi

H : head total pompa

T : temperatur air

pH : derajat keasaman

s : penurunan permukaan air sumur

T_{kt} : koefisien *transmibilitas*

S' : koefisien penampungan

K : koefisien *permeabilitas*

H_{akfr} : tebal akuifer air tanah bebas

h' : tinggi air dari permukaan lapisan kedap air ke permukaan air yang sedang dipompa

r_w : jari-jari sumur pompa

R : jari-jari lingkaran pengaruh

hs : kedalaman air sumur pada waktu pemompaan

v_{pipa} : kecepatan air dalam pipa

ha : head statis total

Δhp : perbedaan head tekan yang bekerja pada kedua permukaan air

hf : berbagai kerugian head dalam instalasi pipa

Tugas Akhir Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

L : panjang pipa

f : koefisien gesek

D : diameter dalam pipa

υ : viskositas kinematik zat cair

Re : bilangan Reynold

n : putaran pompa

f : frekuensi jala-jala PLN

p : jumlah pasang kutub

η_{tot} : efisiensi total pompa

P_{sh} : daya input pompa

d_{sh} : diameter poros

τ_a : tegangan geser ijin poros

K_t : faktor koreksi beban kejut

C_b : faktor koreksi lengkungan

T : momen torsi

n_{sq} : kecepatan spesifik kinematik

n_{sp} : kecepatan spesifik dinamik

n_{sf} : kecepatan spesifik bilangan bentuk

n_s : kecepatan spesifik

α : faktor cadangan daya

η_{tr} : efisiensi transmisi

Pm : daya nominal penggerak mula

σ_B : kakuatan tarik bahan

S_{fl} : faktor keleleahan puntir

Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

S_{f2} : faktor ...

c_0 : kecepatan aksial fluida

C_{m1} : kecepatan meridional pada sisi masuk impeler

K_{cm1} : koefesien kecepatan meridional pada sisi masuk impeler

Ao : luas penampang sisi masuk impeler

dh : diameter hub bagian depan impeler

Ah : luas hub bagian depan impeler

Ao' : luas penampang total sisi masuk impeler

do : diameter mata sisi masuk impeler

d_{1A} : diamater sisi masuk pada garis alir A1A2

u_{1A} : kecepatan keliling pada garis alir A1A2

β_{1A} : sudut sudu masuk pada garis alir A1A2

δ : sudut jatuh (*inklinasi*)

β_{1A}' : sudut kontraksi / kemiringan pada garis alir A1A2

t_1 : jarak lingkar sisi masuk impeler

z : jumlah sudu impeler

s_{u1} : proyeksi tebal sudu pada arah keliling sisi masuk impeler

s_1 : ketebalan sudu

φ : koefisien kontraksi

d_{1B} : diameter mata sisi masuk pada garis alir B1B2

u_{1B} : kecepatan keliling pada garis alir B1B2

d_{1C} : diameter mata sisi masuk pada garis alir C1C2

u_{1C} : kecepatan keliling pada garis alir C1C2

β_{1C}' : sudut kemiringan sudu pada garis alir C1C2

C_{m2} : kecepatan meridional pada sisi keluar impeler

Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

K_{cm2} : koefisien kontraksi

H_{th} : head teoritis

η_{lh} : efisiensi hidrolis

β_2 : sudut sudu sisi keluar impeler

u_2 : kecepatan keliling pada sisi keluar impeler

d_2 : diameter sisi keluar sisi keluar impeler

b_2 : lebar sisi keluar impeler

A_2 : luas penampang sisi keluar impeler

t_2 : jarak lingkar sisi keluar impeler

s_2 : tebal sudu pad sisi keluar

λ_1' : sudut antara ujung sisi masuk dengan garis alir

w_{1A} : kecepatan relatif pada sisi masuk pada garis alir A1A2

w_{1B} : kecepatan relatif pada garis alir B1B2

w_{1C} : kecepatan relatif pada garis alir C1C2

w_2 : kecepatan relatif pada sisi keluar impeler

μ : faktor slip

C_{u2} : kecepatan absolut pada saat fluida meninggalkan impeler

β_1'' : sudut kontraksi pada sisi masuk impeler

ε_1 : sudut antara komponen radial

σ_t : tegangan tarik bahan impeler

σ_y : tegangan mulur bahan impeler

C : faktor kesalahan beban

F : gaya geser akibat torsi

S_{hmin} : tebal shroud minimum

τ : tegangan geser yang terjadi pada bagian impeler yang rawan

Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Universitas Gadjah Mada, 2012 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

τ' : tegangan geser yang terjadi pada poros

F_t : gaya tangensial pada permukaan poros

τ_k : tegangan geser yang terjadi pada pasak

τ_{ka} : tegangan geser yang diijinkan pada pasak

α_3 : sudut *inklinasi* saat fluida berada pada celah antara impeler dan cincin difuser

P : tekanan permukaan yang terjadi pada pasak

P_2 : tekanan fluida pada sisi keluar impeler

c_3 : kecepatan fluida meninggalkan impeler

z_d : jumlah sudu difuser

r4 : jari-jari sisi masuk difuser

α_4 : sudut *inklinasi* pada saat fluida masuk difuser

t_4 : jarak antar *vane* pada difuser

s_4 : tebal awal *vane* pada cincin difuser

cd : kecepatan rata-rata fluida pada difuser

K_{ccv} : koefisien kecepatan distribusi dan gesekan fluida pada difuser

Ad : luas saluran masuk difuser

ea : tinggi saluran difuser

b_3 : lebar difuser

C_{m3} : kecepatan meridional fluida pada saat masuk difuser

d_{in} : diameter dalam difuser

d_3 : diameter luar difuser

$\alpha 5$: sudut fluida meninggalkan difuser

Fa_1 : gaya aksial

r_{wr} : jari-jari luar cincin aus

Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ω : kec

Hp : tekanan statis

Δhi : kerugian head tekan pada impeler

Fa_2 : gaya aksial yang berlawanan dengan Fa_1

Fa_3 : gaya akibat berat poros dan berat impeler

Fa : resultan gaya aksial

Vsh : volume shroud

Vs : volume sudu

Vp : volume poros

Wp : berat poros

Wi : berat impeler

Wit : berat total impeler

θ : defleksi puntiran

G : modulus geser bahan

J : momen inersia polar bahan

Pcr : gaya tekuk yang diijinkan

E : modulus young

I : momen inersia

$\tau s'$: tegangan geser akibat poros bertingkat

Kt : koreksi tehadap momen puntir

Cb : koreksi terhadap momen lentur

τs^* : tegangan geser poros yang diijinkan setelah dikoreksi dengan faktor konsentrasi tegangan

Lh : umur bantalan yang direncanakan

C : beban yang diijinkan

Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pr_1 : beban ekivalen dinamis

Lh' : umur bantalan sesungguhnya

Lg : panjang kopling

t_g : tebal kopling

F' : gaya tangensial pada permukaan poros

di : diameter dalam *spline*

As : luas penampang *spline*

τ_L : tegangan geser pada ulir pengunci kopling

τ_{La} : tegangan geser yang diijinkan pada ulir pengunci kopling

z_{min} : jumlah lilitan ulir minimum

L_{min} : panjang ulir minimum

t : kedalaman alur pask pada poros

l : panjang pasak

η_v : efisiensi volumetris

hp_{df} : kerugian daya akibat gesekan pada impeler

μ' : koefisien kerugian pada bantalan

M1 : kerugian gesek pada bantalan atas

M2 : kerugian gesek pada bantalan bawah

hp_{bf} : kerugian daya akibat gesekan pada bantalan

BHP : daya poros

hp_{sbf} : kerugian daya akibat gesekan pada *stuffing box*

hpm : kerugian daya akibat gesekan mekanis

η_m : efisiensi mekanis

η_{tot} : efisiensi total pompa

Hp : tinggi tekan akibat tekanan absolut

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perancangan Sebuah Pompa Untuk Menaikkan Air Sumur Dalam Kapasitas 12 liter, Head Total 150 m
Eka Yuzananda , Ir. Prajitno, MT..
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Hz : tinggi tekan pengisian

Hvp : tinggi tekan akibat tekanan uap cairan

Hf : tinggi tekan akibat gesekan dan turbulensi

σ : bilangan *thoma* (parameter terjadinya kavitasi)

P_{atm} : tekanan atmosfer

H_{thcc} : head Euller

Hth : head teoritis

K_{2cu} : faktor sirkulasi

H_{act} : head aktual

H_s : *shock losses*

K_{sh} : faktor percobaan

Hs : head sistem

$\Sigma\Delta Hs$: kerugian head pada pipa isap

$\Sigma\Delta Hd$: kerugian head pada pipa tekan

ΔH : penurunan tekanan

h_{fs} : kerugian pada pipa lurus

ϵ : kekasaran relatif pipa

Re : bilangan Reynold

h_{elb} : kerugian daya akibat pipa *elbow* 90°

h_{gv} : kerugian daya pada *check valve*

h_{exit} : kerugian head pada pipa keluar

FHP : daya kuda fluida

HP_L : daya kuda untuk mengatasi kebocoran

HP_{HY} : daya kuda untuk kerugian hidrolis

HP_M : daya kuda untuk mengatasi rugi-rugi mekanis