



## DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Soal	iii
Halaman Pernyataan	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Intisari	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xiv
Daftar Tabel	xvi
Daftar Lampiran	xvii
Daftar Notasi dan Lambang	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Pengenalan Pompa	
1.2. Penggunaan Pompa	2
1.3. Klasifikasi Pompa	2
1.3.1. Pompa Perpindahan Positif ( <i>Positive Displacement Pump</i> )	2
1.3.2. Pompa Kerja Dinamis ( <i>Non Positive Displacement Pump</i> )	6
1.3. Pemilihan Pompa	10
<b>BAB II TINJAUAN MASALAH</b>	
2.1 Latar Belakang Masalah	12
2.2. Persoalan	13
2.2.1 Pompa untuk Mengalirkan Minyak Mentah	14
2.2.2 Pompa Pemadam Kebakaran	14
2.2.3 Pompa untuk Air Pendingin	15



2.3.	Sifat Sifat Fluida	16
2.4.	Kapasitas Pemompaan	17
2.5.	Head Total Pompa	17
2.6.	Pemilihan Jenis Pompa	19
2.7.	Pemilihan Penggerak Pompa	19
2.8.	Penentuan Banyaknya Tingkat Pompa	20

### **BAB III PERANCANGAN IMPELER**

3.1.	Kecepatan Spesifik	21
3.1.1.	Kecepatan Spesifik Kinematis	22
3.1.2.	Kecepatan Spesifik Dinamis	22
3.1.3.	Kecepatan spesifik yang menyatakan bilangan bentuk	22
3.2.	Jenis Impeler	23
3.3.	Pemilihan Impeler	24
3.4.	Dimensi Impeler	25
3.4.1.	Perencanaan poros	26
3.4.2.	Diameter sisi masuk impeller	30
3.4.3.	Sudut Sisi Masuk Impeler ( $\beta_1$ )	34
3.4.4.	Diameter sisi keluar impeller	39
3.4.5.	Lebar impeler pada sisi keluar	41
3.4.6.	Penggambaran garis alir tengah $A_1A_2$	43
3.4.7.	Koreksi terhadap Jumlah Sudu dan Konstanta Pfeleiderer	44
3.4.8.	Hasil Perhitungan Ukuran Utama pada Impeler	46
3.5.	Segitiga Kecepatan	46
3.5.1.	Segitiga Kecepatan Pada Sisi Masuk Impeler	47
3.5.2.	Segitiga Kecepatan Pada Sisi Keluar Impeler	48
3.6.	Perancangan Sudu Impeler	52
3.7.	Pemeriksaan ulang kekuatan impeller	59
3.8.	Hasil Perancangan Dimensi Impeller	61



#### **BAB IV PERENCANAAN RUMAH POMPA**

4.1.	Saluran Masuk	63
4.1.1.	Saluran Masuk Lurus atau Miring	64
4.1.2.	Saluran masuk dengan belokan dengan luas penampang tetap atau dengan luas penampang mengecil	65
4.1.3.	Saluran Masuk Konsentris	66
4.1.4.	Saluran Masuk Rumah Keong (Volut)	66
4.1.5.	Saluran Masuk Mulut Lonceng	67
4.2.	Rumah Pompa	69
4.3	Saluran Keluar	69
4.3.1.	Bentuk Penampang Volut	70
4.3.2.	Desain Volut	71
4.3.3.	Diameter Flens Saluran Keluar	78
4.3.4.	Penentuan Sudut Difuser ( $\delta$ )	78
4.3.5	Perhitungan Kekuatan Rumah Pompa	79

#### **BAB V PERENCANAAN POROS DAN PASAK**

5.1.	Perencanaan Poros	81
5.1.1.	Gaya Aksial	81
5.1.2.	Gaya radial	81
5.1.3.	Pemeriksaan Poros Terhadap Tegangan Geser	92
5.1.4.	Pemeriksaan Poros Terhadap Konsentrasi Tegangan	93
5.1.5.	Pemeriksaan Poros Terhadap Defleksi	96
5.1.5.1.	Defleksi Puntiran	96
5.1.5.2.	Defleksi Lengkungan	99
5.1.6.	Pemeriksaan Poros Terhadap Putaran Kritis	101
5.2	Perencanaan Pasak	102
5.2.1.	Perencanaan Pasak Impeler	103
5.2.2.	Perencanaan Pasak Kopling	105



## **BAB VI KOMPONEN PENDUKUNG**

6.1.	Perencanaan Bantalan	108
6.1.1.	Bantalan kiri	109
6.1.2.	Bantalan kanan	112
6.1.3.	Pelumasan Bantalan	114
6.2.	Perencanaan Kopling	115
6.2.1.	Pemeriksaan Kekuatan Flens Kopling	117
6.2.2.	Pemeriksaan Kekuatan Baut Flens	118
6.2.3.	Pemeriksaan Kekuatan Hub Kopling	119
6.3.	Perencanaan Baut Casing	120
6.4.	Lock Nut	121

## **BAB VII EFISIENSI DAN KAVITASI**

7.1.	Efisiensi pompa untuk fluida air	123
7.1.1.	Efisiensi Hidrolis	123
7.1.2.	Efisiensi Volumetris	123
7.1.3.	Efisiensi Mekanis	124
7.1.4.	Efisiensi Total	125
7.2.	Unjuk kerja pompa untuk fluida minyak mentah	125
7.3.	Kavitasi	128
7.3.1.	NPSH yang tersedia	129
7.3.2.	NPSH yang diperlukan	130

## **BAB VIII KARAKTERISTIK POMPA**

8.1.	Karakteristik Pompa Air	132
8.1.1.	Pengaruh Kapasitas Pompa terhadap Head	132
8.1.1.1	Pengaruh Kapasitas Pompa terhadap Head Euler	132
8.1.1.2	Pengaruh Kapasitas Pompa terhadap Head Teoritis	133
8.1.1.3	Pengaruh Kapasitas Pompa terhadap Head Aktual	134
8.1.2.	Pengaruh Kapasitas Pompa terhadap Daya	137



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Perancangan Pompa Isapan Ganda Dengan Belahan Rumah Horisontal**  
Windi Yudanto , Ir. Sugijarto Prawirosentono

Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

8.1.3.	Pengaruh Kapasitas Pompa terhadap Efisiensi	141
8.2.	Karakteristik Pompa apabila digunakan untuk fluida minyak mentah	142
8.2.1.	Pengaruh Kapasitas Pompa terhadap Head	142
8.2.2.	Pengaruh Kapasitas Pompa terhadap Efisiensi	143
8.2.3.	Pengaruh Kapasitas Pompa terhadap Daya	144
<b>BAB IX PENUTUP</b>		<b>146</b>
	Daftar Pustaka	149
	Lampiran	150



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pompa Isapan Ganda	12
Gambar 2.2.	Grafik Daerah Operasi Pompa	18
Gambar 3.1.	Tipe impeler berdasarkan kecepatan spesifiknya	25
Gambar 3.2	Ukuran utama dan profil impeller	26
Gambar 3.3	Grafik efisiensi total pompa	27
Gambar 3.4	Grafik efisiensi volumetris	30
Gambar 3.5	Grafik hubungan $K_{cm1}$ , $K_{cm2}$ dengan $N_s$	32
Gambar 3.6	Penampang sudu impeller	36
Gambar 3.7	Grafik untuk menentukan efisiensi hidrolis	40
Gambar 3.8.	Penggambaran <i>streamline</i> $A_1A_2$	43
Gambar 3.9.	Segitiga kecepatan	47
Gambar 3.10.	Segitiga kecepatan sisi masuk impeller	48
Gambar 3.11.	Segitiga kecepatan sisi keluar	52
Gambar 3.12	Metode point by point untuk membentuk kurva sudu impeller	53
Gambar 3.13.	Variasi nilai $c_m$ dan $w$ terhadap $r$	54
Gambar 3.14.	Sudut overlap	55
Gambar 3.15.	Grafik $c_m$ dan $w$ terhadap $r$ pada $B_1B_2$	56
Gambar 3.16.	Grafik $c_m$ dan $w$ terhadap $r$ pada $A_1A_2$	57
Gambar 3.17.	Grafik $c_m$ dan $w$ terhadap $r$ pada $C_1C_2$	59
Gambar 3.18.	Hasil perancangan impeller	62
Gambar 4.1.	Saluran masuk lurus dan konis	64
Gambar 4.2	Saluran masuk dengan penampang mengecil	65
Gambar 4.3.	Saluran masuk konsentris	66
Gambar 4.4.	Saluran masuk rumah keong	67
Gambar 4.5.	Saluran Masuk Mulut Lonceng	67
Gambar 4.6	Jenis penampang volute	70
Gambar 4.7	Rumah pompa volut	71
Gambar 4.8	Grafik hubungan $\left[ \frac{c_{thr}}{u_2} \right]$ dengan kecepatan spesifik	72



Gambar 4.9.	Sisi masuk volut	75
Gambar 4.10.	Grafik $\frac{A_{thr}}{A_{II}}$ terhadap kecepatan spesifik	76
Gambar 4.11.	Rumah Pompa	80
Gambar 5.1	Koefisien gaya radial dinamis sebagai fungsi kecepatan dan debit	83
Gambar 5.2	Pembagian impeller untuk perhitungan volumenya	84
Gambar 5.3.	Konstruksi poros yang direncanakan	87
Gambar 5.4	Konstruksi kopling	88
Gambar 5.5	Perhitungan volume kopling	89
Gambar 5.6.	Pembebanan pada poros	90
Gambar 5.7.	Gaya-gaya yang bekerja pada poros dan tumpuan	90
Gambar 5.8	Diagram Momen Lengkung	92
Gambar 5.9.	Faktor konsentrasi tegangan $\alpha$	94
Gambar 5.10.	Faktor konsentrasi tegangan $\beta$	94
Gambar 5.11.	Pengukuran poros untuk perhitungan defleksi	100
Gambar 5.12.	Jenis-jenis pasak	102
Gambar 6.1	Ukuran utama bantalan bola baris tunggal tipe alur dalam	109
Gambar 6.2	Kopling Flens Luwes	116
Gambar 6.3.	Dimensi Lock Nut	121
Gambar 7.1.	Diagram koreksi untuk pompa minyak	126
Gambar 8.1	Kerugian-kerugian hidrolis	134
Gambar 8.2	Grafik Hubungan antara Kapasitas Pompa (Q) dengan Head Pompa (H) untuk Fluida Air	137
Gambar 8.3	Grafik Hubungan antara Kapasitas Pompa (Q) dengan Brake Horse Horse Power (BHP) untuk Fluida Air	140
Gambar 8.4	Grafik Hubungan antara Kapasitas Pompa (Q) dengan Efisiensi Pompa (%) untuk fluida air	141
Gambar 8.5.	Grafik hubungan head vs debit untuk fluida minyak mentah	143
Gambar 8.6.	Hubungan efisiensi vs debit untuk fluida minyak mentah	144
Gambar 8.7.	Hubungan BHP vs debit untuk fluida minyak mentah	145



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel Daya Cadangan	28
Tabel 3.2 Perhitungan akurasi penggambaran <i>central streamline</i>	44
Tabel 3.3. Hasil Perhitungan pada $B_1B_2$	56
Tabel 3.4. Hasil Perhitungan pada $A_1A_2$	57
Tabel 3.5. Hasil Perhitungan pada $C_1C_2$	58
Tabel 4.1 Hasil perhitungan volut	77
Tabel 7.1. Perbandingan properti air dengan minyak mentah	122
Tabel 7.2. Faktor koreksi untuk fluida minyak mentah	126
Tabel 7.3. Koreksi terhadap head, kapasitas, efisiensi, dan daya	128
Tabel 8.1 Hasil perhitungan Head Euler, Head Teoritis dan Head Aktual pada berbagai Kapasitas Pompa untuk fluida air	137
Tabel 8.2 Perhitungan BHP, FHP, $HP_L$ , $HP_H$	140
Tabel 8.3 Perhitungan FHP, BHP, $\eta$	141
Tabel 8.4. Hubungan head vs debit untuk fluida minyak mentah	142
Tabel 8.5. Hubungan efisiensi vs debit untuk fluida minyak mentah	143
Tabel 8.6. Hubungan daya vs debit pompa untuk fluida minyak	145
Tabel 9.1. Properti Fluida	146
Tabel 9.2. Perbandingan karakteristik pompa untuk fluida air dan minyak	148



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Perancangan Pompa Isapan Ganda Dengan Belahan Rumah Horisontal**  
Windi Yudanto , Ir. Sugijarto Prawirosentono  
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Sifat dan Properti Minyak Mentah	150
Lampiran 2.	Sifat Bahan Paduan Nikel	159
Lampiran 3.	Tabel Sifat Bahan Teknik	167
Lampiran 4.	Tabel Kopling Flens Luwes	170
Lampiran 5.	Tabel Ukuran Standar Pasak	172
Lampiran 6.	Tabel Ukuran Standar bantalan Bola Alur Dalam	173
Lampiran 7.	Tabel Ukuran Standar Flens Pipa	175
Lampiran 8.	Tabel Ukuran Standar Lock Nut	176
Lampiran 9.	Tabel Ukuran Standar Ulir Metris	178



### Daftar Notasi

$\alpha$	: faktor konsentrasi tegangan akibat alur pasak
$\alpha$	: sudut antara kecepatan absolut dan kecepatan keliling
$A_1$	: luas penampang pada sisi isap
$A_2$	: luas penampang saluran keluar
$\alpha_2$	: sudut keluar cairan
$A_h$	: luas penampang hub
$A_{II}$	: luas penampang volut untuk tiap sudut pusat
$A_o$	: luas penampang pada sisi masuk
$A_o'$	: luas penampang inlet total
$A_{thr}$	: luas penampang throat
$B$	: diameter dimana baut dipasang
$\beta$	: faktor konsentrasi tegangan akibat poros bertingkat
$b$	: lebar pasak
$\beta_1$	: sudut sisi masuk impeller
$\beta_{1A}$	: sudut masuk pada garis alir $A_1A_2$
$b_2$	: lebar sisi keluar impeller
$\beta_2$	: sudut sisi keluar impeller
$b_2$	: lebar impeller sisi outlet
$b_3$	: lebar inlet volut
$b_b$	: lebar sudu rata-rata
BHP	: daya yang diperlukan pompa untuk bekerja
BHP <sub>minyak</sub>	: daya yang diperlukan untuk pemompaan minyak mentah
$C$	: diameter flens yang paling rawan terhadap tegangan geser
$c$	: fillet pasak
$C$	: faktor aliran
$c$	: kecepatan absolut pada sisi masuk / keluar
$C_b$	: faktor koreksi tegangan lentur
$c_{dr}$	: kecepatan rata-rata fluida pada sisi tekan



$C_{\eta}$	: faktor koreksi efisiensi untuk fluida kental
$C_H$	: faktor koreksi head untuk fluida kental
$c_{m1}$	: kecepatan meridional pada sisi masuk
$c_{m2}$	: kecepatan meridional pada sisi keluar
$c_{m2}'$	: kecepatan meridional karena adanya slip
$C_{min}$	: beban dinamis dasar dari bantalan
$c_o$	: kecepatan aksial pada sisi masuk
$c_p$	: konstanta koreksi jumlah sudu Pfleiderer
$C_Q$	: faktor koreksi kapasitas untuk fluida kental
$c_{sr}$	: kecepatan rata-rata fluida pada sisi isap
$c_{thr}$	: kecepatan pada throath volut
$c_u$	: kecepatan tangensial pada sisi masuk / keluar
$c_{u2}$	: komponen kecepatan tangensial aliran saat meninggalkan impeller
$c_{u2}'$	: kecepatan tangensial karena adanya slip
$D$	: diameter laluan terbesar
$d$	: diameter baut
$\delta$	: sudut jatuh
$\delta$	: sudut diffuser
$d_{1A}$	: diameter sisi masuk sudu
$d_2$	: diameter luar impeller
$d_{f2}$	: diameter flens keluar
$d_h$	: diameter hub
$d_h'$	: diameter hub belakang
$d_o$	: diameter sisi masuk impeller
$d_{sh}$	: diameter poros
$d_{thr}$	: diameter pada throat volut
$E$	: modulus elastisitas bahan poros
$e$	: panjang <i>central streamline</i>
$f$	: defleksi lengkungan
$f$	: frekuensi



$f_n$	: faktor kecepatan
$F$	: gaya yang bekerja pada dinding impeler
$F_1$	: ketebalan flens yang rawan terhadap tegangan geser
$\phi_1$	: koefisien penyempitan pada sisi masuk
$\phi_2$	: koefisien penyempitan pada sisi keluar
$F_a$	: gaya aksial yang diderita bantalan
$f_h$	: faktor umur bantalan
FHP	: daya kuda fluida
$F_r$	: gaya radial yang diderita bantalan
$F_{rd}$	: Gaya radial
$\gamma$	: masa jenis cairan
$G$	: <i>modulus of rigidity</i> untuk monel
$g$	: percepatan gravitasi
$\gamma$	: berat zat cair per satuan volume
$\gamma_c$	: berat jenis minyak mentah
$\gamma_{minyak}$	: berat jenis minyak mentah
$H$	: head total pompa
$H$	: head pompa
$h$	: tinggi pasak
$\eta_c$	: efisiensi setelah dikoreksi
$H_c$	: head setelah dikoreksi
$H_d$	: head dinamis
$\eta_h$	: efisiensi hidrolis
$H_{is}$	: kerugian head di dalam pipa isap
$\eta_m$	: efisiensi mekanis
$H_{minyak}$	: head untuk pemompaan minyak mentah
$\eta_{minyak}$	: efisiensi untuk pemompaan minyak mentah
$HP_{DF}$	: daya kuda untuk mengatasi gesekan cakra
$HP_H$	: daya kuda untuk mengatasi kerugian hidrolis
$HP_L$	: daya kuda untuk mengatasi kebocoran



$HP_M$	: daya kuda untuk mengatasi kerugian mekanis
$H_s$	: head isap statis
$h_s$	: <i>shock losses</i>
$H_{st}$	: head statis
$H_{sv}$	: NPSH yang tersedia
$H_{SVN}$	: NPSH yang diperlukan
$\eta_t$	: efisiensi total
$H_t$	: head per tingkat
$H_{th}$	: head teoritis
$H_{th-}$	: head Euler
$\eta_{tot}$	: efisiensi total pompa
$\eta_v$	: efisiensi volumetris
$H_z$	: perbedaan tinggi muka air di sisi tekan reservoir dan sisi isap reservoir
$J$	: Momen inersia polar
$\phi_v$	: sudut pusat volut
$k_{2cu}$	: koefisien sirkulasi
$K_{c_{ml}}$	: koefisien kecepatan, ditentukan berdasarkan eksperimen
$K_m$	: faktor koreksi momen lentur
$k_{sh}$	: faktor percobaan
$K_t$	: Konstanta pegas puntir
$K_t$	: faktor koreksi untuk tegangan kejut
$K_t$	: faktor koreksi momen puntir
$L$	: Panjang poros
$l_b$	: panjang sudu
$L_d$	: panjang diffuser
$L_h$	: umur bantalan
$M$	: momen lengkung maksimum
$M_{st}$	: momen statis
$n$	: putaran motor
$n$	: kecepatan putaran impeler



$n_e$	: jumlah baut efektif
$n_g$	: kecepatan kritis poros
$p$	: jumlah kutub
$p$	: tekanan pada laluan
$p$	: tekanan yang dihasilkan pompa
$P$	: beban dinamis ekivalen
$p$	: eksponen untuk persamaan umur bantalan
$P_a$	: tekanan atmosfer
$P_{dr}$	: tekanan pada reservoir isap
$P_{sr}$	: tekanan pada reservoir tekan
$P_v$	: tekanan uap
$Q$	: kapasitas pompa
$Q'$	: debit pompa secara teoritis
$Q_c$	: kapasitas setelah dikoreksi
$Q_{minyak}$	: kapasitas pemompaan untuk fluida minyak mentah
$\theta_n$	: sudut lengkungan sudu
$Q_s$	: kapasitas pompa tanpa shock loss
$\theta_v$	: sudut lidah volut
$r$	: jarak pusat penampang volut ke sumbu poros
$r'$	: jari-jari filet pada poros bertingkat
$r_1$	: radius lidah volut
$r_2$	: radius sisi keluar impeler
$r_3$	: jarak pusat penampang throat dari sumbu
$R_A$	: gaya reaksi pada tumpuan A
$R_B$	: gaya reaksi pada tumpuan B
$r_{sh}$	: jari-jari poros
$r_{thr}$	: jarak throat volut dari pusat
$r_v$	: jarak pusat penampang volut ke sumbu poros
$s$	: slip
$S$	: tebal rumah pompa



- $\sigma$  : koefisien Thoma
- $\sigma$  : tegangan tarik material
- $s_1$  : tebal sudu impeller pada sisi masuk
- $s_2$  : tebal sudu impeler pada sisi keluar
- $\sigma_B$  : tegangan tarik bahan
- $\Sigma\Delta h_d$  : kerugian head pada sisi tekan
- $\Sigma\Delta h_s$  : kerugian head pada sisi isap
- $Sf_1$  : faktor keamanan kelelahan puntir
- $Sf_2$  : faktor keamanan karena konsentrasi tegangan dan kekasaran permukaan
- $S_{u1}$  : proyeksi tebal sudu pada sisi masuk
- $S_{u2}$  : proyeksi ketebalan pada keliling
- $T$  : momen puntir
- $t$  : jarak lidah volut dengan impeler
- $t$  : tegangan poros tanpa alur pasak
- $t_1$  : kedalaman alur pasak pada poros
- $t_1$  : jarak antar sudu pada sisi masuk
- $t_2$  : kedalaman alur pasak pada naf
- $t_2$  : jarak antar sudu pada sisi keluar
- $\tau_\alpha$  : tegangan geser yang diizinkan
- $t_b$  : tebal sudu rata-rata
- $t_B$  : tegangan geser yang terjadi pada baut
- $t_{max}$  : tegangan geser akibat momen lengkung dan momen puntir
- $u$  : kecepatan keliling pada sisi masuk / keluar
- $u_1$  : kecepatan keliling impeller
- $u_{1A}$  : kecepatan keliling sisi masuk pada garis alir  $A_1A_2$
- $u_{1B}$  : kecepatan keliling sisi masuk pada garis alir  $B_1B_2$
- $u_{1C}$  : kecepatan keliling sisi masuk pada garis alir  $C_1C_2$
- $u_2$  : kecepatan keliling pada sisi keluar impeler
- $V_b$  : volume sudu
- $V_i$  : volume rongga impeller



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Perancangan Pompa Isapan Ganda Dengan Belahan Rumah Horisontal**  
Windi Yudanto , Ir. Sugijarto Prawirosentono  
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

- $V_s$  : volume silinder  
 $w$  : kecepatan relatif pada sisi masuk / keluar  
 $X$  : faktor koefisien untuk beban radial pada bantalan  
 $Y$  : faktor koefisien untuk beban aksial pada bantalan  
 $x$  : faktor keamanan  
 $y$  : koefisien yang tergantung profil laluan  
 $z$  : jumlah sudu impeler  
 $z_t$  : toleransi ketidakteelitian dalam pengecoran  
 $\theta$  : defleksi rotasional atau sudut puntir  
 $\mu$  : *poisson's ratio*