

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	iii
<b>NASKAH SOAL TUGAS AKHIR</b>	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	v
<b>KATA PENGANTAR</b>	vi
<b>DAFTAR ISI</b>	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b>	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xvii
<b>DAFTAR NOTASI</b>	xviii
<b>INTISARI</b>	xxii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Tujuan Penulisan	2
1.3. Metode Penulisan	2
1.4. Rumusan dan Batasan Masalah	3
<b>BAB II KLASIFIKASI DAN PENGGUNAAN POMPA</b>	4
2.1. Pompa dan Kegunaannya	4
2.2. Jenis-Jenis Pompa	5
2.2.1. Pompa perpindahan positif	5
2.2.2. Pompa kerja dinamis	13
<b>BAB III RUMUSAN PERMASALAHAN</b>	24
3.1. Permasalahan Dasar	24
3.2. Head Total dan Kapasitas Total Pompa	25
3.3. Pemilihan Jenis Pompa	29

<b>3.5. Menentukan Jumlah Tingkat Pompa</b>	31
<b>3.6. Pemilihan Penggerak Mula Pompa</b>	35
3.6.1 Pertimbangan dalam pemilihan penggerak mula	35
3.6.2 Pemilihan motor listrik	37
<b>BAB IV PERENCANAAN IMPELER</b>	43
<b>4.1. Putaran Spesifik dan Bentuk Impeler</b>	43
4.1.1. Kecepatan spesifik kinematik	43
4.1.2. Kecepatan spesifik dinamik	44
4.1.3. Bilangan bentuk	44
4.1.4. Tipe Impeler	45
<b>4.2. Dimensi Impeler</b>	47
4.2.1. Diameter poros	48
4.2.2. Diameter sisi masuk	50
4.2.3. Sudut sisi masuk ( $\beta_1$ )	54
4.2.4. Lebar sisi masuk impeler	55
4.2.5. Diameter sisi keluar impeler	57
4.2.6. Lebar sisi keluar impeler	60
4.2.7. Koreksi terhadap jumlah sudu	62
4.2.8. Koreksi terhadap $1 + C_p$	62
4.2.9. Koreksi terhadap $d_2/d_0$	63
<b>4.3. Segitiga Kecepatan</b>	63
4.3.1. Segitiga kecepatan sisi masuk impeller	65
4.3.2. Segitiga kecepatan sisi keluar impeler	65
<b>4.4. Perancangan Sudu Impeler</b>	68
4.4.1. Lebar impeler untuk tiap titik	72
<b>4.5. Pemeriksaan Kekuatan Impeler</b>	75
<b>4.6. Rangkuman Hasil Perhitungan Impeler</b>	77
<b>BAB V SALURAN MASUK DAN KELUAR</b>	79
<b>5.1 Saluran Masuk</b>	79

5.1.1	Jenis – jenis saluran masuk	79
5.1.2.	Pemilihan jenis saluran masuk	82
5.1.3.	Dimensi saluran masuk	82
<b>5.2.</b>	<b>Saluran Keluar</b>	<b>84</b>
5.2.1.	Sudu cincin difuser	84
5.2.1.1	Jumlah sudu difuser	86
5.2.1.2	Diameter dalam dan luar difuser	86
5.2.1.3	Pengaruh penyempitan pada sisi masuk difuser	87
5.2.1.4	Luas sisi masuk tiap laluan pada cincin difuser	88
5.2.1.5	Lebar sisi masuk difuser	90
5.2.1.6	Tinggi laluan sudu sisi masuk difuser	90
5.2.1.7	Jarak titik B terhadap titik pusat difuser	91
5.2.1.8	Besar jari-jari kelengkungan sudu busur AB	91
5.2.1.9	Panjang laluan pada cincin difuser	91
5.2.1.10	Tinggi laluan sudu sisi keluar difuser	92
5.2.1.11	Kecepatan fluida keluar difuser	92
5.2.1.12	Besar sudut divergensi ( $\delta$ )	93
5.2.1.13	Pengaruh jumlah sudu difuser pada distribusi kecepatan	93
5.2.1.14	Pemilihan material difuser	95
5.2.2	Sudu pengarah balik	96
5.2.2.1	Sudu pengarah balik sisi masuk	96
5.2.2.2	Sudu pengarah balik sisi keluar	98
5.2.2.3	Menggambar sudu pengarah balik	99
5.2.2.4	Bahan sudu pengarah balik	102
<b>5.3</b>	<b>Kekuatan Casing</b>	<b>102</b>
<b>5.4</b>	<b>Ringkasan Desain Saluran Masuk dan Keluar</b>	<b>104</b>
<b>BAB VI</b>	<b>PERANCANGAN POROS</b>	<b>106</b>
	<b>DAN KOMPONEN YANG MEMBEBANINYA</b>	
<b>6.1</b>	<b>Perancangan Poros</b>	<b>106</b>
6.1.1	Gaya aksial	106

6.1.1.1.	Gaya akibat perubahan momentum fluida yang memasuki impeler	
6.1.1.2.	Gaya akibat perbedaan tekanan pada sisi masuk dan keluar impeler	107
6.1.1.3.	Menyeimbangkan gaya aksial yang terjadi pada impeller	108
6.1.1.4.	Perancangan cakram penyeimbang	113
6.1.1.5.	Bahan untuk cakram penyeimbang	118
6.1.2.	Gaya radial	119
6.1.2.1.	Berat impeler	120
6.1.2.2.	Berat cakram penyeimbang	121
6.1.2.3.	Berat poros	122
6.1.2.4.	Berat kopling	122
6.1.3.	Pemeriksaan kekuatan pada poros	123
6.1.3.1.	Pemeriksaan terhadap tegangan geser	126
6.1.3.2.	Pemeriksaan terhadap defleksi	127
6.1.3.3.	Pemeriksaan terhadap putaran kritis	141
6.1.3.4.	Pemeriksaan terhadap konsentrasi tegangan	142
<b>6.2.</b>	<b>Perencanaan Kopling</b>	147
6.2.1.	Pemeriksaan Kekuatan Flens Kopling	149
6.2.2.	Pemeriksaan Kekuatan Baut Flens	150
<b>6.3.</b>	<b>Perancangan Pasak</b>	151
6.3.1.	Perancangan pasak untuk Impeler	151
6.3.1.1.	Pemeriksaan terhadap tegangan geser	152
6.3.1.2.	Pemeriksaan terhadap tegangan desak	152
6.3.2.	Perancangan pasak untuk Kopling	153
6.3.1.3.	Pemeriksaan terhadap tegangan geser	153
6.3.1.4.	Pemeriksaan terhadap tegangan desak	153

## **BAB VII BANTALAN DAN KOMPONEN PENDUKUNG** 155

### **7.1. Pemilihan Bantalan** 155

#### 7.1.1. Jenis bantalan 155

7.1.2.	Pemilihan bantalan yang dipergunakan	157
7.1.2.1.	Beban ekuivalen	157
7.1.2.2.	Penilaian beban dinamis	160
7.1.2.3.	Umur bantalan	161
7.1.3.	Pelumasan bantalan	161
<b>7.2.</b>	<b>Locknut dan Retaining Ring</b>	<b>163</b>
<b>7.3.</b>	<b>Stuffing Box</b>	<b>164</b>
<b>7.4.</b>	<b>Mur dan Baut</b>	<b>165</b>
7.4.1.	Mur Penahan Impeler	165
7.4.2.	Baut pengikat rumah pompa	169
<b>BAB VIII</b>	<b>EFISIENSI DAN KAVITASI PADA POMPA</b>	<b>172</b>
<b>8.1.</b>	<b>Efisiensi Pompa</b>	<b>172</b>
8.1.1	Efisiensi volumetris	172
8.1.2	Efisiensi hidrolis	174
8.1.3	Efisiensi mekanis	175
8.1.4	Efisiensi total pompa	176
<b>8.2.</b>	<b>Kavitasi</b>	<b>176</b>
8.2.1.	NPSH (Net Positive Suction Head )	177
8.1.2.1.	NPSH yang diperlukan	178
8.2.1.2.	NPSH yang tersedia	179
8.2.2	Pencegahan kavitasi	179
<b>BAB IX</b>	<b>KARAKTERISTIK POMPA</b>	<b>181</b>
<b>9.1.</b>	<b>Karakteristik Head-Kapasitas Pompa</b>	<b>181</b>
<b>9.2.</b>	<b>Karakteristik Daya Pompa</b>	<b>186</b>
<b>9.3.</b>	<b>Karakteristik Efisiensi-Kapasitas Pompa</b>	<b>186</b>
<b>BAB X</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>189</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>194</b>
<b>LAMPIRAN</b>		<b>196</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pompa Tenaga dan Pompa Aksi Langsung	7
Gambar 2.2.	Pompa kam dan piston	8
Gambar 2.3.	Pompa roda gigi luar	9
Gambar 2.4.	Pompa roda gigi dalam dan pompa cuping	9
Gambar 2.5.	Jenis pompa sekrup	10
Gambar 2.6.	Jenis pompa baling	11
Gambar 2.7.	Pompa diafragma dengan fluida tak mampu mampat	12
Gambar 2.8.	Pompa diafragma tanpa plunyer	13
Gambar 2.9.	Pompa sentrifugal	14
Gambar 2.10.	Jenis-jenis aliran dalam impeler	14
Gambar 2.11.	Impeler tertutup	15
Gambar 2.12.	Impeler setengah terbuka	15
Gambar 2.13.	Impeler terbuka	16
Gambar 2.14.	Pompa volut isapan tunggal	16
Gambar 2.15.	Pompa difuser	17
Gambar 2.16.	Pompa aliran campur jenis volut	17
Gambar 2.17.	Pompa isapan tunggal	18
Gambar 2.18.	Pompa isap ganda	18
Gambar 2.19.	Pompa bertingkat banyak	19
Gambar 2.20.	Pompa jenis poros tegak	20
Gambar 2.21.	Instalasi Pompa Submersibel	21
Gambar 2.22.	Pompa turbin regeneratif	23
Gambar 2.23.	Air-lift Pump	23
Gambar 3.1.	Lay out system pompa sentrifugal	27
Gambar 3.2.	Grafik daerah operasi berbagai jenis pompa	30
Gambar 3.3.	Grafik efisiensi pompa sebagai fungsi kecepatan spesifik	33
Gambar 3.4.	Rentang penggunaan untuk berbagai motor AC	40
Gambar 3.5.	Hubungan antara daya output dan tegangan dari motor	

Gambar 4.1.	Grafik koefisien kecepatan $K_{cm1}$ dan $K_{cm2}$	51
Gambar 4.2.	Profil Pompa Sentrifugal	53
Gambar 4.3.	Sudu sisi inlet	56
Gambar 4.4.	Sudut sudu pada Impeler	58
Gambar 4.5.	Sudu sisi outlet	61
Gambar 4.6.	Diagram kecepatan masuk dan keluar impeler	64
Gambar 4.7.	Segitiga kecepatan masuk dan keluar	64
Gambar 4.8.	Segitiga kecepatan pada sisi masuk impeler	65
Gambar 4.9.	Segitiga kecepatan pada sisi keluar impeler	68
Gambar 4.10.	Bentuk-bentuk laluan sudu impeler yang memiliki sudut masuk dan keluar, dan jumlah sudu yang sama	68
Gambar 4.11.	Sudut Overlap	69
Gambar 4.12.	Metode point by point untuk menggambar sudu	70
Gambar 4.13.	Bentuk sudu impeler yang dirancang	71
Gambar 4.14.	Grafik hubungan antara $c_m$ dan $w$ bervariasi terhadap $r$	74
Gambar 4.15.	Impeler hasil rancangan	78
Gambar 5.1.	(a) Cabang saluran masuk lurus (b) Cabang saluran masuk meruncing	79
Gambar 5.2.	Saluran masuk melengkung	80
Gambar 5.3.	Saluran masuk konsentris	80
Gambar 5.4.	Saluran masuk volut	81
Gambar 5.5.	Saluran masuk mulut lonceng	81
Gambar 5.6.	Cincin Difuser	85
Gambar 5.7.	Grafik hubungan $K_{cv} = f(n_s)$ dan $\frac{d_3 - d_2}{d_2} = f(n_s)$	89
Gambar 5.8.	Difuser hasil perancangan	92
Gambar 5.9.	Pengaruh jumlah sudu pada distribusi kecepatan keluar difuser	94
Gambar 5.10.	Sudu pengarah balik hasil rancangan	101
Gambar 5.11.	Tebal Penampang Rumah Pompa	103
Gambar 6.1.	Gaya aksial yang terjadi pada impeler	107
Gambar 6.2.	Lubang pengimbang gaya aksial	109

Gambar 6.3.	Cakram penyeimbang gaya aksial	110
Gambar 6.4.	Torak penyeimbang gaya aksial	111
Gambar 6.5.	Kombinasi torak penyeimbang dan cakram penyeimbang	112
Gambar 6.6.	Cakram penyeimbang hasil rancangan	119
Gambar 6.7.	Impeler dalam bentuk 3 dimensi	120
Gambar 6.8.	Data hasil perhitungan volume impeler dengan AutoCAD	121
Gambar 6.9.	Poros yang dirancang	122
Gambar 6.10.	Diagram gaya yang bekerja pada poros	123
Gambar 6.11.	Diagram momen lengkung yang bekerja pada poros	126
Gambar 6.12.	Beban-beban pada poros	128
Gambar 6.13.	Menu <i>Shaft Generator</i>	134
Gambar 6.14.	Bentuk poros yang digambar dengan <i>Shaft Generator</i>	135
Gambar 6.15.	Menu informasi <i>contour</i> dan <i>notch</i>	135
Gambar 6.16.	Menu <i>Shaft Calculation</i>	136
Gambar 6.17.	Tampilan poros dan bebannya pada <i>AutoCAD</i>	136
Gambar 6.18.	Menu <i>Material Properties</i>	137
Gambar 6.19.	Menu standar material	138
Gambar 6.20.	Daftar kode material	138
Gambar 6.21.	Menu <i>Select Graph</i>	139
Gambar 6.22.	Grafik BMD dan defleksi poros	140
Gambar 6.23.	Grafik faktor konsentrasi tegangan untuk poros bertingkat	143
Gambar 6.24.	Grafik konsentrasi tegangan untuk alur pasak	144
Gambar 6.25.	Kopling flens luwes	148
Gambar 6.26.	Mur dan baut kopling flens luwes	148
Gambar 7.1.	Rentang waktu pengisian ulang gemuk pada bantalan rol kerucut	163
Gambar 7.2.	Ukuran <i>Locknut</i>	164
Gambar 9.1.	Kurva karakteristik head-kapasitas pompa	182
Gambar 9.2.	Kurva karakteristik head-kapasitas pompa	187
Gambar 9.3.	Kurva karakteristik daya pompa	188
Gambar 9.4.	Kurva karakteristik efisiensi-kapasitas pompa	188

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Efisiensi total pompa dalam berbagai tingkat	34
Tabel 3.2	Besar daya cadangan yang harus diberikan	39
Tabel 4.1	Bentuk-bentuk impeler pompa	45
Tabel 4.2	Hasil perhitungan $c_m$ , $w$ , dan $\partial^\circ$ pada titik sepanjang laluan sudu	73
Tabel 4.3	Lebar Impeler pada setiap titik	74
Tabel 5.1	Hasil perhitungan $c_m, c$ , dan $\partial^\circ$ pada titik-titik sepanjang laluan Sudu pengarah balik	100
Tabel 6.1	Volume dan berat poros	122
Tabel 6.2	Hasil perhitungan defleksi puntiran	127
Tabel 6.3	Perhitungan defleksi poros	132
Tabel 6.4	Hasil perhitungan dengan <i>AutoCAD Mechanical 2004</i>	139
Tabel 6.5	Perhitungan putaran kritis	141
Tabel 6.6	Dimensi dari flens yang dirancang menurut JIS B 1452	149
Tabel 6.7	Dimensi dari baut kopling flens luwes JIS B 1452	149
Tabel 7.1	Spesifikasi bantalan yang dipilih	159
Tabel 8.1	Efisiensi hidrolis berdasarkan $n_{sf}$	174

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data teknis pompa di PT. Indonesia Power-Jakarta	196
Lampiran 2.	Data teknis motor listrik	197
Lampiran 3.	Sifat mekanis bahan Stainless Steel	198
Lampiran 4.	Sifat mekanis beberapa bahan teknik	199
Lampiran 5.	Single-row tapered roller bearings	200
Lampiran 6.	Single-row tapered roller bearings	201
Lampiran 7.	Dimensi locknut	202
Lampiran 8.	Dimensi washer	203
Lampiran 9.	Dimensi kopling flens luwes	204
Lampiran 10.	Dimensi baut kopling flens luwes	205
Lampiran 11.	Bahan kopling flens luwes	206
Lampiran 12.	Mur standar JIS B 1181	207
Lampiran 13.	Tekanan nominal pada flens	208
Lampiran 14.	Dimensi flens standar JIS	209
Lampiran 15.	Dimensi flens standar JIS	210
Lampiran 16.	Dimensi flens standar JIS	211

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

H	= Head total pompa
$P_{dr}$	= Tekanan pada <i>delivery reservoir</i>
$P_{sr}$	= Tekanan pada reservoir hisap
H <sub>z</sub>	= Perbedaan tinggi muka air di sisi <i>delivery reservoir</i> reservoir hisap
$\sum \Delta h_s$	= <i>Losses head</i> di sisi hisap
$\sum \Delta h_d$	= <i>Losses head</i> di sisi tekan
$c_{dr}$	= Kecepatan rata-rata fluida disisi tekan (m/s)
$c_{sr}$	= Kecepatan rata-rata fluida disisi hisap (m/s)
g	= Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
$v_f$	= Volume jenis air ( $m^3/kg$ )
n	= Putaran motor (rpm)
f	= Frekuensi (Hz)
p	= Jumlah kutup
$P_w$	= Daya air (kW)
$\gamma$	= Berat jenis cairan yang dipompa ( $kN/m^3$ )
Q	= Kapasitas pompa ( $m^3/detik$ )
Q'	= Kapasitas fluida yang melewati impeler ( $m^3/detik$ )
$H_t$	= Head total pompa (m)
$P_{sh}$	= Daya poros pompa (kW)
$P_{em}$	= Daya dari motor listrik (kW)
$n_{sQ}$	= Kecepatan spesifik kinematik
$n_{sp}$	= Kecepatan spesifik dinamik
$n_{sf}$	= Bilangan bentuk
T	= Momen puntir (kg.mm)
$\tau_a$	= Tegangan geser poros yang diijinkan ( $kg/mm^2$ )
$K_t$	= Faktor koreksi momen puntir jika terjadi tumbukan/kejutan
$C_b$	= Faktor koreksi jika terjadi pembebanan lentur

- $\sigma_t$  = Kekuatan tarik material
- $S_{f1}$  = Faktor keamanan karena kelelahan punter
- $S_{f2}$  = Faktor keamanan karena pengaruh konsentrasi tegangan
- $K_{cm1}$  = Koefisien kecepatan pada sisi masuk impeller
- $u_1$  = Kecepatan keliling pada sisi masuk impeler (m/s)
- $c_{m1}$  = Kecepatan meridian fluida ( m/s )
- $\sigma_u$  = Kekuatan tarik material ( MPa )
- $\sigma_y$  = Batas elastis ( ksi atau MPa )
- $c_o$  = Besar kecepatan aksial fluida masuk impeler (m/s)
- $A_o$  = Luas penampang sisi masuk impeler (mm<sup>2</sup>)
- $d_h$  = Diameter hub pada bagian depan impeller (mm)
- $d_h'$  = Diameter hub bagian belakang impeler (mm)
- $d_i$  = Diameter ujung sisi masuk impeler (mm)
- $\phi_1$  = Koefisien penyempitan
- $t_1$  = Panjang pitch sudu pada sisi masuk (mm)
- $s_1$  = Tebal sudu pada sisi masuk impeler ( mm )
- $s_{u1}$  = Proyeksi tebal sudu sisi masuk pada arah keliling (mm)
- $b_1$  = Lebar sisi masuk impeler (mm)
- $H_{th}$  = Head teoritis untuk impeler dengan jumlah sudu terbatas (m)
- $c_{m2}$  = Kecepatan meridian pada sisi keluar impeler (m/s)
- $\beta_2$  = Sudut sisi keluar sudu (°)
- $C_p$  = Koreksi Pfleiderer
- $K_{cm2}$  = Koefisien kecepatan pada sisi keluar impeler
- $u_2$  = Kecepatan keliling pada sisi keluar impeler (m/s)
- $d_2$  = Diameter sisi keluar impeler (mm)
- $t_2$  = Panjang pitch sudu pada sisi keluar (mm)
- $s_{u2}$  = Proyeksi tebal sudu sisi keluar pada arah keliling (mm)
- $s_2$  = Tebal sudu pada sisi keluar impeler ( mm )
- $b_2$  = Lebar sisi keluar impeler (mm)
- $u$  = Kecepatan suatu titik pada impeler tersebut relatif terhadap tanah (m/s)

- $c$  = Kecepatan absolut partikel fluida yang mengalir melalui impeler relatif terhadap tanah (m/s)
- $\alpha$  = Sudut antara  $c$  dan  $u$  ( $^{\circ}$ )
- $\beta$  = Sudut antara  $w$  dan perpanjangan  $u$  ( $^{\circ}$ )
- $\epsilon$  = Faktor penyempitan
- $z_d$  = Jumlah sudu difuser
- $z$  = Jumlah sudu impeler
- $K_{cv}$  = Koefisien empiris yang memperhitungkan tidak ratanya distribusi kecepatan dan gesekan pada diffuser
- $d_4$  = Diameter dalam difuser (mm)
- $d_5$  = Perbandingan diameter luar difuser (mm)
- $c_d$  = Kecepatan aliran fluida rata-rata pada inlet difuser (m/s)
- $b_3$  = Lebar sisi masuk difuser (mm)
- $\delta$  = Besar sudut divergensi (mm)
- $z_r$  = Jumlah sudu pengarah balik (mm)
- $b_7$  = Lebar sudu pengarah balik pada sisi masuk (mm)
- $s_7$  = Tebal awal sudu pengarah balik (mm)
- $d_7$  = Diameter terluar sudu pengarah balik (mm)
- $t_7$  = Jarak sudu sisi masuk sudu penghantar dalam arah melingkar
- $s_{u7}$  = Tebal sudu sisi masuk sudu penghantar dalam arah melingkar
- $K_7$  = Koefisien untuk memperhitungkan gesekan pada *U-turns* dan distribusi kecepatan
- $u_1$  = Kecepatan keliling pada sisi masuk impeler (m/s)
- $u_2$  = Kecepatan keliling pada sisi keluar impeler (m/s)
- $P_T$  = Tekanan dibelakang impeler ( $\text{kg/m}^2$ )
- $P_0$  = Tekanan pada sisi masuk impeler ( $\text{kg/m}^2$ )
- $\dot{m}$  = Laju aliran massa fluida ( $\text{kg/s}$ )
- $d_{e2}$  = Diameter celah  $e_{12}$  (mm)
- $d_d$  = Diameter cakram (mm)
- $d_{e3}$  = Diameter celah  $e_{23}$  (mm)

- $F_{At}$  = Gaya aksial total (kg)  
 $J$  = Momen inersia polar ( $\text{mm}^4$ )  
 $G$  = Modulus geser bahan poros ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )  
 $\theta$  = Besarnya defleksi puntiran  
 $F_{r}, F_a$  = Beban radial dan aksial bantalan yang dikoreksi (kg)  
 $F_{rc}, F_{ac}$  = Beban radial dan aksial dihitung secara teoritis (kg)  
 $f_w$  = Faktor koreksi bantalan  
 $P$  = Beban ekuivalen dinamis bantalan (kg)  
 $Y$  = Faktor beban aksial bantalan  
 $X$  = Faktor beban radial  
 $f_h$  = Faktor umur  
 $f_n$  = Faktor kecepatan  
 $L_h$  = Umur bantalan (jam)  
 $P_{mf}$  = Rugi – rugi gesekan mekanis  
 $NPSH_R$  = NPSH yang diperlukan  
 $\sigma$  = Koefisien kavitasi Thoma  
 $H_{th\infty}$  = Head Euler ( m )  
 $H_{th}$  = Head teoritis ( m )  
 $H_{act}$  = Head aktual ( m )  
 $\eta_v$  = Efisiensi volumetrik (%)  
 $\eta_h$  = Efisiensi hidrolis (%)  
 $\eta_m$  = Efisiensi Mekanis (%)