

EVALUASI KINERJA POMPA SENTRIFUGAL FEED CRUDE OIL P.100/04 DI KILANG PPSDM MIGAS CEPU

Nindya Paramita¹, Ayende¹

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas Cepu, Jl. Gajah Mada 38, Karangboyo, Blora, 58315

*E-mail: nindreyse@gmail.com

ABSTRAK

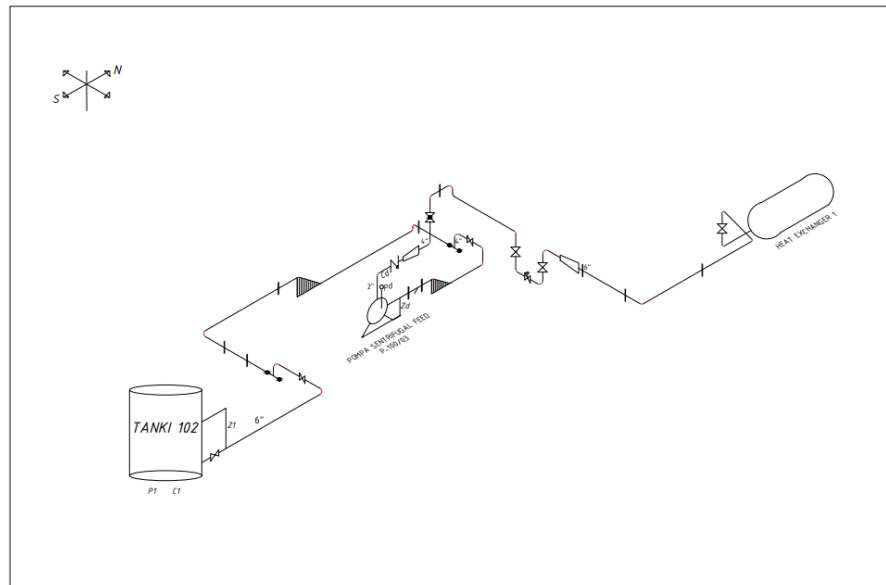
Unit kilang di PPSDM Migas merupakan unit pengolahan minyak bumi yang mengolah *crude oil* lokal dari PT. Pertamina EP Asset4 Field Cepu. Untuk mengalirkan *crude oil* dari tangki penyimpanan *crude oil* menuju ke *heat exchanger* dibutuhkan pompa *feed*. Pompa P.100/04 merupakan pompa sentrifugal *feed crude oil* yang sudah beroperasi lebih dari 12 tahun. Pada pembahasan ini, akan difokuskan untuk evaluasi kinerja pompa sentrifugal *feed crude oil* P.100/04 setelah belasan tahun beroperasi. P.100/04 merupakan pompa manufaktur Allweiler tipe CNH-B 40-315 dengan kapasitas spesifikasi 25 m³/jam, head 130 m, dan efisiensi 24%. Kini beroperasi dengan kapasitas 9,17 m³/jam, hasil dari evaluasi kinerja pompa yaitu pompa mengalami penurunan efisiensi sebesar 19,26% menjadi 4,24% dikarenakan kapasitas operasi yang jauh lebih rendah. Hal tersebut terjadi karena *demand* produk kilang PPSDM yang menurun sehingga kilang PPSDM Migas Cepu beroperasi dengan kapasitas 200-250 m³/hari. Dengan kondisi tersebut untuk meningkatkan efisiensi pompa, maka direkomendasikan penggantian pompa dengan kapasitas spesifikasi yang lebih rendah supaya pengoperasian berada di titik BEP (*Best Efficiency Point*) yaitu kondisi operasi kerja pompa paling optimum sehingga efisiensinya tinggi.

Kata kunci: pompa, sentrifugal, evaluasi, *performance*, *crude oil*

1. PENDAHULUAN

Kilang PPSDM Migas Cepu merupakan kilang tertua di Indonesia, selama lebih dari satu abad telah beroperasi dan menjadi bagian dari sejarah minyak dan gas di Indonesia. Kilang PPSDM Migas merupakan unit pengolahan minyak bumi dengan kapasitas terpasang 3,800 bbl/day atau 600 m³/hari dengan mengolah *crude oil* dari PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu. Kilang PPSDM Migas merupakan unit Distilasi Atmosferik (*Crude Distilling Atmospheric = CDU*) yaitu proses pemisahan *crude oil* menjadi beberapa fraksi berdasarkan perbedaan titik didihnya yang merupakan *primary processing* dalam pengolahan minyak bumi. Produk CDU PPSDM Migas antara lain adalah pertasol (CA, CB, dan CC), solar, dan residu. Sarana utama unit kilang PPSDM Migas Cepu meliputi *crude oil & products storage tank*, *furnace*, kolom fraksinasi, *stripper*, *cooler*, *condensor* dan pompa. [1]

Pasokan *crude oil* dari PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu tidak pasti dan semakin lama jumlahnya menurun, sehingga kapasitas desain kilang 600 m³/hari tidak sepenuhnya beroperasi sesuai desain. Pompa sentrifugal *crude oil* di unit distilasi kini rata-rata hanya memompakan 200-250 m³/hari. Dengan kondisi operasi tersebut dan usia pompa yang sudah tidak muda lagi karena belasan tahun beroperasi, diperlukan adanya evaluasi kinerja pompa sentrifugal *feed crude oil*, tepatnya pompa seri P.100/04 untuk mengetahui penurunan efisiensi dari data operasi dan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensinya.



Gambar 1. Diagram Alir Pompa P.100/04

Pompa merupakan mesin rotari yang digunakan untuk mengalirkan fluida cair menggunakan sistem perpipaan. Fluida cair diberikan tekanan oleh pompa dengan transformasi energi. Input energi pompa umumnya menggunakan motor listrik, namun dapat juga berupa turbin uap, mesin diesel, dan lain sebagainya. Transformasi energi terjadi di dalam pompa, Ketika putaran motor listrik diteruskan ke pompa melalui poros sehingga impeller pada pompa berputar, tekanan dan kecepatan fluida cair yang melalui impeller naik sehingga energi kinetik meningkat.[2]

Pompa Sentrifugal adalah jenis pompa yang mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolis dengan gaya sentrifugal. Pompa sentrifugal memiliki variasi pompa yang sangat luas di mana pemompaan fluida untuk membangkitkan tekanan dapat dilakukan oleh satu impeller (*single stage*) atau lebih (*multi stage*)[3].

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di PPSDM Migas Cepu di Jl. Sorogo No.1, Kampungbaru, Karangboyo, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah, Indonesia. Selama 1 bulan (1 Maret-31 Maret 2023). Alat dan bahan yang diperlukan antara lain Alat Pelindung Diri (APD), alat tulis, kamera, data spesifikasi pompa, data operasi pompa, serta *software* Microsoft Excel dan Microsoft Word untuk mengolah data. Penelitian dimulai dengan studi literatur dilanjutkan dengan pengamatan pompa di lapangan. Pengambilan data dimulai dari kapasitas operasi, temperature fluida, *pressure vapor*, massa jenis, dan viskositas yang dapat diakses di control room dengan didampingi operator, lalu tekanan *discharge*, seri pompa dan motor listrik yang dapat dilihat di instalasi. Setelah pengambilan data dilakukan dilanjutkan pengecekan data, jika data spesifikasi dan data operasi yang sudah disebutkan sebelumnya telah didapatkan, maka dilanjutkan untuk evaluasi pompa tersebut melalui pengolahan data yang dimulai dari perhitungan kecepatan aliran, *reynold number*, *friction factor*, *head loss*, *head* sistem, *head* pompa, daya cairan, daya penggerak, efisiensi pompa, daya pompa, dan NPSHa. Kemudian dilakukan analisis hasil perhitungan dengan membandingkan hasil perhitungan dengan data spesifikasi desain.

A. Kecepatan aliran fluida (V) [4]

Kecepatan aliran fluida pada sisi *suction* dibutuhkan untuk mengetahui kerugian *head*, dapat dicari dengan rumus :

$$V = \frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}, m \quad (1)$$

B. Kerugian *Head Total (Head Loss Total)* [5]

Kerugian *head* untuk mengetahui rugi-rugi yang disebabkan oleh *friction factor* dari suatu aliran dan *fitting* pada sistem perpipaan, *Head loss* dapat dicari dengan :

$$Hl = Hl \text{ mayor} + Hl \text{ minor} \quad (2)$$

1) Kerugian *Head* pada Pipa atau mayor *losses (Hl mayor)* [5]

$$Hl \text{ mayor} = f \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g}, m \quad (3)$$

2) Kerugian *Head* pada Fitting dan Valve atau minor *losses (Hl minor)* [5]

$$Hl \text{ minor} = Cl \cdot \frac{V^2}{2g}, m \quad (4)$$

3) *Reynold Number (Re)* [4]

Bilangan yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran.

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (5)$$

- a. $Re < 2300$ = Aliran Laminar
- b. $Re 2300 - 4000$ = Aliran Transisi
- c. $Re > 4000$ = Aliran Turbulen

4) *Relative Roughness (ε)* [6]

Kekasaran relatif pipa yang berasal dari hubungan nominal diameter pipa dan kekasaran permukaan pipa, yang bergantung pada jenis material pipa.

$$\varepsilon = \frac{e}{D} \quad (6)$$

5) *Friction Factor (f)* [4]

Persamaan untuk mencari faktor gesekan dari kondisi aliran.

Fluida dengan aliran turbulen ($Re > 4000$)

$$f = 0,020 + 0,0005/d \quad (7)$$

Fluida dengan aliran laminar ($Re < 2300$)

$$f = \frac{64}{Re} \quad (8)$$

6) *Head Total (H)* [7]

Head total pompa dinyatakan satuan panjang. Berdasarkan sistem perpompaan terdapat beberapa *head* dan dapat dihitung berdasarkan instalasi, sebagai berikut :

$$H = (Hd - Hs), m \quad (9)$$

$$H = \left(\frac{Vd^2}{2 \cdot g} + \frac{Pd}{\gamma} \pm Zd \right) - \left(\frac{Vs^2}{2 \cdot g} + \frac{Ps}{\gamma} + \pm Zs \right) + Hls, m \quad (10)$$

C. *Net Positive Suction Head Available (NPSHa)* [8]

NPSHa merupakan jumlah energi tersedia yang akan ditransfer dari pompa ke fluida. Nilai NPSHa harus lebih besar dari nilai NPSHr (*Net Positive Suction Head Required*) yaitu jumlah energi yang dibutuhkan untuk ditransfer dari pompa ke fluida.

$$NPSHa = \left(\frac{Pa - Pv}{\gamma} \right) \pm Zs - Hls, m \quad (11)$$

D. Daya Pada Pompa Sentrifugal

Daya pada Pompa merupakan daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa. Daya yang terdapat pada pompa, antara lain :

1) Daya Cairan (Pw) [9]

$$P_w = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000}, \text{ kW} \tag{12}$$

2) Daya Penggerak Pompa Sentrifugal (Nd) [10]

$$N_d = \frac{V \cdot A \cdot 1,732 \cdot \eta_{motor} \cdot \cos \theta}{746}, \text{ HP} \tag{13}$$

Tabel 1. Transmisi dan Margin Factor untuk mengetahui efisiensi transmisi dan factor margin dari motor listrik yang digunakan[11]

Transmission system		Transmission efficiency η
Direct coupling		1.0
Gear reduction	Orthogonal or parallel shaft gear one stage	0.96
	Orthogonal or parallel shaft gear two-stage	0.94
	Planet gear one stage	0.97
Fluid coupling		0.96
Flat belt		0.9 - 0.93
V-belt		0.95

Motor capacity	Margin factor α
Small	0.1 - 0.3
Medium - large	0.1 - 0.25

Example per API

Motor capacity	Margin factor
<22kW	0.25
22 - 55kW	0.15
>55kW	0.10

3) Daya Pompa (Pp) [4]

$$P_p = \frac{P_w}{\eta_{op}}, \text{ kW} \tag{14}$$

E. Efisiensi Pompa (η_{op})

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya cairan (Pw) dengan daya penggerak yang dikalikan dengan efisiensi transmisi [12]

$$\eta_{op} = \frac{P_w}{N_d} \cdot 100\%, \text{ \%} \tag{15}$$

3. PEMBAHASAN

Tabel 2. Spesifikasi Pompa dan Penggerak

Spesifikasi Pompa		Spesifikasi Penggerak	
Manufaktur, model, dan seri	Allweiler CNH-B 40-315 12036836	Manufaktur	WEG
Kapasitas	25 m ³ /jam	Jenis Penggerak	Motor Listrik
Head	130 m	Volt	400 V
Speed	2900 rpm	Ampere	54 A
Efisiensi	24%	Power	30 kW

Tabel 3. Data Operasi dan Fluida

Parameter	Nilai
Pressure Discharge	1,3 kg/cm ²
Kapasitas	9,167 m ³ /h
Temperatur Fluida	30°C
Pressure Vapour	1,8 kPa

Viscosity	$2,376 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
Massa jenis	824 kg/m ³

Tabel 4. Data Instalasi Pipa

Data Pipa Suction			Data Pipa Discharge		
Panjang Pipa 6 inch ASTM A 53 SCH 40		62,55 m	Panjang Pipa 2 inch ASTM A 53 SCH 40		0,45 m
Panjang Pipa 4 inch ASTM A 53 SCH 40		0,25 m	Panjang Pipa 4 inch ASTM A 53 SCH 40		6,4 m
<i>Pressure suction</i>		1 atm	Panjang Pipa 6 inch ASTM A 53 SCH 40		14,05 m
Fitting Pipa 6 inchi ASTM A53 SCH 40	<i>Flange</i>	8 buah	Fitting Pipa 2 inchi ASTM A53 SCH 40	<i>Elbow 90°</i>	1buah
	<i>Elbow 90°</i>	5 buah		<i>check valve</i>	1buah
	<i>Elbow 45°</i>	2 buah		<i>Conc Reducer 2 x 4 inchi</i>	1buah
	<i>Gate Valve</i>	2 buah	Fitting Pipa 4 inchi ASTM A53 SCH 40	<i>Flange 4 x 2 inchi</i>	2
	<i>Tee reducer 6 x 4 inchi</i>	1 buah		<i>Elbow 90°</i>	7
	<i>Tee</i>	1 buah		<i>Globe valve</i>	1
Fitting Pipa 4 inchi ASTM A53 SCH 40	<i>Strainer</i>	1 buah		<i>Control valve</i>	1
	<i>Elbow 45°</i>	2 buah	<i>Gate Valve</i>	2	
	<i>Elbow 90°</i>	3 buah	<i>Conc Reducer 4 x 6 inchi</i>	1	
	<i>Gate valve</i>	1 buah	Fitting Pipa 6 inchi ASTM A53 SCH 40	<i>Gate valve</i>	1
Beda Elevasi (Zs)	1,98 m	<i>Elbow 90°</i>		4	
		<i>Flange</i>		6	
			Beda Elevasi (Zs)		1 m

Tabel 5. Perhitungan kerugian hambatan fitting suction

Pipa	Komponen	Faktor kerugian hambatan (k)	Jumlah komponen	Total
Pipa 6 inchi ASTM A53 SCH 40	<i>Flange</i>	0,2	8	1,6
	<i>Elbow 90°</i>	0,2	5	1
	<i>Gate Valve</i>	0,15	2	0,3
	<i>Tee</i>	0,2	1	0,2
	<i>Elbow 45°</i>	0,2	2	0,4
	<i>Tee reducer 6 x 4 inchi</i>	0,2	1	0,2
Total				3,7

Pipa 4 inchi ASTM A53 SCH 40	<i>Strainer</i>	2	1	2
	<i>Elbow 45°</i>	0,2	2	0,4
	<i>Elbow 90°</i>	0,2	3	0,6
	<i>Gate valve</i>	0,15	1	0,15
	Total			3,15

Tabel 6. Perhitungan kecepatan aliran dan head suction

Perhitungan Suction		
	Pipa 4 inchi	Pipa 6 inchi
V_1	0 m/s	
V_s	0,312 m/s	0,137 m/s
R_n	13384,257	8864,897
f	0,016	0,015
hl_{mayor}	0,019 m	0,558 m
hl_{minor}	1,5 m	0,339 m
hl_{total}	2,417 m	
H_s	14,519 m	

Tabel 7. Perhitungan Kerugian Hambatan fitting discharge

Pipa	Komponen	Faktor kerugian hambatan (k)	Jumlah komponen	Total
Pipa 6 inchi ASTM A53 SCH 40	<i>Flange</i>	0,2	6	1,2
	<i>Gate Valve</i>	0,15	1	0,15
	<i>Elbow 90°</i>	0,2	4	0,8
	Total k			2,15
Pipa 4 inchi ASTM A53 SCH 40	<i>Flange</i>	0,2	2	0,4
	<i>Conc Reducer 4 x 6</i>	0,2	1	0,2
	<i>Elbow 90°</i>	0,2	7	1,4
	<i>Control valve</i>	11	1	11
	<i>Gate Valve</i>	0,15	2	0,3
	<i>Globe Valve</i>	10	1	10
	Total k			23,3
Pipa 2 inchi	<i>Elbow 90°</i>	0,2	1	0,2

ASTM A53 SCH 40	Check Valve	2	1	2
	Conc Reduce 2 inchi	0,19	1	0,19
	Total k			2,39

Tabel 8. Perhitungan Kecepatan Aliran Dan Head Discharge

Perhitungan Discharge			
	Pipa 6 inchi	Pipa 4 inchi	Pipa 2 inchi
Vd	0,137 m/s	0,312 m/s	0,825 m/s
Rn	8864,897	13384,257	21773,432
<i>f</i>	0,015	0,016	0,018
<i>hl</i> <i>mayor</i>	0,0013 m	0,0049 m	0,0045 m
<i>hl</i> <i>minor</i>	0,002 m	0,116 m	0,083 m
<i>hl total</i>	0,21139 m		
<i>Hd</i>	16,786 m		
<i>H</i>	2,26644 m		
<i>H total</i>	14,806 m		

Tabel 9. Perhitungan Efisiensi Pompa dan NPSHa

Simbol	Nilai
<i>P_w</i>	0,304 kW
<i>N_d</i>	7,18 kW
<i>η_{op}</i>	4,24%
<i>P_p</i>	0,072 kW
<i>NPSHa</i>	11,88 m

Tabel 10. Perbandingan Desain Dengan Hasil Perhitungan

Parameter	Satuan	Desain	Hasil Perhitungan	Selisih
Kapasitas	m ³ /jam	25	9,167	15,833
Head	m	130	14,801	115,194
Efisiensi	%	24	4,24	19,26
Daya pompa	kW	-	0,0718	-
NPSHa	m	-	11,88	-

Daya Motor	kW	30	7,18	22,82
Putaran	rpm	2900	2900	0

Dari hasil perhitungan teoritis di atas tampak bahwa Pompa Sentrifugal P.100/04 terjadi penurunan efisiensi dikarenakan penurunan kapasitas operasi akibat menyesuaikan *demand* produk yang cenderung rendah dengan kapasitas operasi setiap harinya 200-250 m³/hari tidak sebanyak tahun-tahun sebelumnya sehingga pasokan *crude oil* dari Pertamina EP Asset IV Field Cepu berkurang dan menyesuaikan. Untuk meningkatkan efisiensi pompa dengan kondisi tersebut dapat dilakukan dengan penggantian pompa dengan kapasitas spesifikasi yang lebih rendah.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan untuk evaluasi unjuk kerja pompa pada pompa P.100/04, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kapasitas aktual pompa beroperasi jauh lebih rendah dibandingkan dengan kapasitas desain, yaitu sebesar 9,167 m³/jam untuk kapasitas aktual dan 25 m³/jam untuk kapasitas desainnya. Namun hal tersebut bukan suatu masalah dikarenakan kapasitas beroperasi 9,167 m³/jam sesuai
2. Dari hasil perhitungan unjuk kerja Pompa P.100/04, dimana Efisiensi kerja Pompa 4,24% ,sedangkan efisiensi pada desain 24 %. Maka dari itu terjadi penurunan operasi.
3. Didapatkan NPSHa sebesar 11,88 m, namun penulis tidak menemukan data NPSHr sehingga penulis tidak mengetahui apakah pompa ini beroperasi secara ideal karena syarat operasi yang ideal NPSHa>NPSHr.
4. Dengan kondisi kapasitas operasi yang rendah dikarenakan *demand* produk yang rendah, maka untuk meningkatkan efisiensi pompa direkomendasikan penggantian pompa dengan kapasitas spesifikasi yang lebih rendah supaya pengoperasian berada di titik BEP (Best Efficiency Point) yaitu kondisi operasi kerja pompa paling optimum sehingga efisiensinya tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurul I. Ismi, M dan Amalia Ma'rifatul, "Proses Pengolahan Minyak Mentah di Unit Kilang PPSDM MIGAS CEPU", vol.1 no.1, pp. 25-30, 2022.
- [2] Volk. M, "Pump Characteristics and Applications", 3rd ed., CRC Press, 2014.
- [3] M. Arrahman. S, A. Mochtar, Mulyono, "Perancangan Pompa Sentrifugal Berkapasitas 18 liter/detik Untuk Kebutuhan PDAM Di Daerah Ake Galee", Journal TURBINE, vol, 1, no. 2, pp 90, 2023.
- [4] A. Saidah, "Analisa kinerja pompa minyak (pompa bongkar kargo) pada mt. accord," *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 26-41, April 2017.
- [5] Y. Kurniawan dan Kusnandar, "Uji karakteristik pompa sentrifugal pada cooling hydronic system menggunakan refrijeran ramah lingkungan," *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 63-71, Maret 2018.
- [6] H. Ahyadi, D. Suprijatmoko, I. Alcholili, "Analisis kinerja sistem distribusi air bersih di anjungan lepas pantai pt. x," *Presisi*, vol. 23, no. 2, pp. 73-84, Juli 2021.
- [7] Wasiran, W.D. Yudisworo dan E. Prihastuty, "Pengujian oerforma jenis pompa sentrifugal dengan daya 3 hp," *MESTRO JURNAL*, vol. 4, no. 2, pp. 21-30, Desember 2022.
- [8] M. Pattiasina, E.B. Pattykayhattu, dan R.R. Lekatompessy, "Evaluasi unjuk kerja pompa produk avtur di integretd terminal pt pertamina patra niaga wayame ambon," *Jurnal Mechanical Engineering (JME)*, vol. 1, no. 2, pp. 105-111, Agustus 2023.

- [9] A.M. Hartono dan A. Aziz, "Evaluasi efisiensi pompa sentrifugal pada unit pengolahan air minum pusat distribusi cilincing," *Jurnal Energi dan Lingkungan*, vol. 14, no. 1, pp. 1-10, Juni 2018
- [10] Suharto, *Pompa Sentrifugal*, Cetakan pertama, Jakarta, Ray Press, 2016.
- [11] *Torishima Pump Handbook*, Torishima Pump Mfg. Co., Ltd., Osaka, Japan, 2011.
- [12] M.H. Ahsan dan S. Hardiantoro, "Evaluasi fuel oil pump untuk sistem combustion turbine generator," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 5, no. 1, pp. 8-12, Februari 2019.

Daftar Simbol

$\text{Cos}\theta$	=	<i>Power Factor</i>
D	=	Diameter Nominal Pipa, m
d_s	=	Diameter Bagian dalam Pipa <i>Suction</i> , m
f	=	Faktor Gesekan Pipa
g	=	Percepatan Gravitasi, m/s^2
H_d	=	<i>Head Discharge</i> , m
H_l	=	<i>Head Loss Total</i> , m
H_{ld}	=	Kerugian <i>Head Loss Total</i> sepanjang Pipa <i>Discharge</i> , m
H_{ls}	=	Kerugian <i>Head Loss Total</i> Sepanjang Pipa <i>Suction</i> , m
H_s	=	<i>Head Suction</i> , m
I	=	<i>Ampere</i> , A
k	=	Nilai Tahanan untuk <i>Valve</i> atau <i>Fitting</i>
L	=	Panjang Pipa, m
N_d	=	Daya Penggerak, hp
P_w	=	Daya Cairan, hp
P_p	=	Daya Pompa, hp
P_a	=	Tekanan Udara Luar, kg/m^2
P_d	=	Tekanan pada Sisi <i>Discharge</i> , kg/m^2
P_s	=	Tekanan pada Sisi <i>Suction</i> , kg/m^2
P_v	=	Tekanan Penguapan Fluida, kPa
Q	=	Kapasitas yang Dipompakan, m^3/h
Re	=	<i>Reynold Number</i>
V	=	<i>Voltage</i> , volt
V_d	=	Kecepatan Cairan pada pipa <i>discharge</i> , m/s
V_s	=	Kecepatan Cairan pada pipa <i>suction</i> , m/s
z_d	=	Ketinggian Tekan Statis pada Sisi <i>Discharge</i> , m
z_s	=	Ketinggian Hisap Statis pada Sisi <i>Suction</i> , m
η_{motor}	=	Efisiensi Motor, %
η_{op}	=	Efisiensi Pompa, %
γ	=	Berat spesifik cairan (<i>Specific Weight</i>)
μ	=	Viskositas Kinematik, m^2/s
ρ	=	Massa Jenis Cairan, kg/m^3
ϵ	=	<i>Kekasaran Relative</i>
n	=	Jumlah <i>Fitting</i> dan <i>Valve</i> , buah