

Optimalisasi Unjuk Kerja *Sea Water Booster Pump* Pada PT PLN Nusantara Power UP Muara Tawar Blok 5

Hernawan Novianto¹, Wino Syafputra^{1*}

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Indonesia

ABSTRAK

PT. PLN Nusantara Power UP Muara Tawar merupakan Perusahaan yang bergerak di bidang pembangkit listrik tenaga uap dan gas yang mampu menghasilkan daya sebesar 3050 MW. Dalam prosesnya membutuhkan air laut untuk membantu segala proses, diantaranya proses pada *chlorine plant*. Dan salah satu pompanya yaitu *Sea Water Booster Pump* berfungsi untuk memasok air laut yang akan digunakan sebagai bahan baku elektrolisis untuk menghasilkan *chlorine*. Saat ini *Sea Water Booster Pump* mengalami penurunan kapasitas yang seharusnya berada di 120 m³/h menjadi 100 m³/h. Untuk mengembalikan kinerja *Sea Water Booster Pump* maka perlu dilakukan inspeksi, evaluasi, dan optimalisasi. Berdasarkan hukum afinitas yang terjadi pada kondisi pompa saat ini, dilakukan optimalisasi dengan meningkatkan putaran motor dari awalnya berada pada 1150 rpm menjadi 1462 rpm. Dengan perubahan ini, kapasitas pompa mengalami kenaikan menjadi 127,13 m³/h, dan berdasarkan hasil evaluasi efisiensi pompa juga mengalami kenaikan menjadi 42,5%.

Kata kunci : Pompa, Kapasitas, *Chlorine*, Putaran

 winosyafputra@gmail.com

1. Pendahuluan

PT. PLN Nusantara Power UP Muara Tawar bergerak di bidang pembangkit listrik tenaga uap dan gas yang menggunakan *combine cycle* dimana perusahaan ini mampu menghasilkan daya listrik sebesar 3050 MW. Dalam usaha menghasilkan listrik, PT. PLN Nusantara Power UP Muara Tawar memerlukan berbagai fasilitas pendukung salah satunya pompa *booster* air laut pada *chlorine plant*, fasilitas pendukung ini dijaga kehandalannya agar daya keluaran listrik bisa konstan dan tidak terinterupsi kerusakan. Dalam operasinya, *Sea Water Booster Pump* mengalami penurunan kapasitas yang seharusnya

berada di 120 m³/h menjadi 100 m³/h sehingga perlu ditingkatkan lagi kemampuannya dalam usaha menghasilkan kapasitas sesuai dengan kebutuhan. Untuk menaikkan kembali kapasitas yang turun pada *Sea Water Booster Pump* maka perlu dilakukan inspeksi, evaluasi, dan optimalisasi [1].

Usaha untuk mengoptimalkan pompa pernah dilakukan oleh Novian dan Dwi [2] dimana penulis mengoptimalkan pompa dengan jalan membersihkan kotoran yang menghambat laju aliran pompanya serta menaikkan kecepatan putaran motornya, hasilnya efisiensi pompa mengalami peningkatan sebesar 3%. Hal yang sama juga dilakukan oleh Nadya dan Inung [3] dimana pengoptimalan

dilakukan dengan meningkatkan kapasitas, *total head* pompa (memindahkan lokasi pompa), dan kecepatan putaran motor, hasilnya efisiensi pompa mengalami kenaikan sebesar 20%. Dari kedua penelitian tersebut memerlukan usaha yang besar baik untuk membongkar pompa dan membersihkannya atau melakukan pemindahan pompa, sehingga perlu dicari usaha meningkatkan efisiensi pompa yang lebih ringan. Sehingga optimalisasi pada *Sea Water Booster Pump* dilakukan dengan meningkatkan kecepatan putaran motor untuk memenuhi debit air yang dibutuhkan pembangkit.

2. METODE

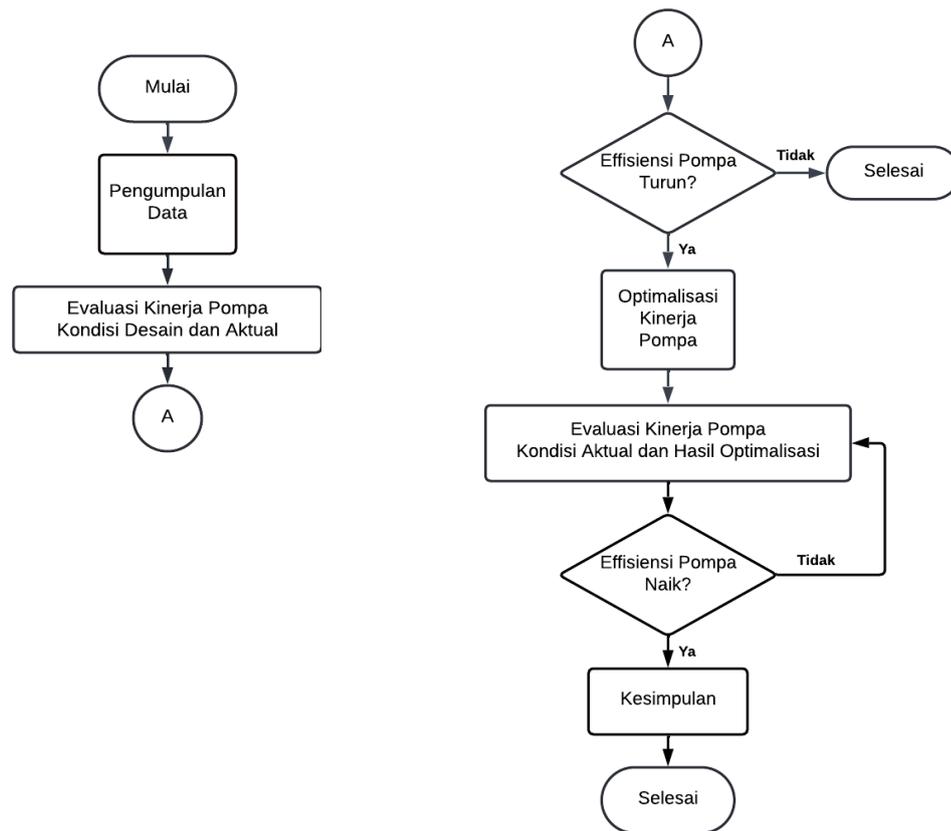
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan analisa terhadap data di lapangan melalui perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku, untuk kemu-

dian dilakukan optimalisasi pompa dalam hal ini adalah dengan menaikkan putaran pompa untuk mendapatkan kapasitas air laut yang dibutuhkan, kemudian dilakukan analisa kembali untuk melihat seberapa jauh efek performa yang ditimbulkan dari kegiatan tersebut.

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 01 Februari 2023 sampai dengan 30 April 2023 di *Chlorine Plant* PT. PLN Nusantara Power UP Muara Tawar sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi *warehouse*, *safety shoes*, *safety helm*, sarung tangan, *ear pluf*, kacamata *safety*, alat dan buku tulis. Serta bahan yang akan diteliti adalah *Sea Water Booster Pump* pada *Chlorine Plant*. Langkah-langkah dalam evaluasi dan optimalisasi pompa *sea water* ini dapat dilihat pada flow-chart sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. *Chlorine Plant*



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Pada evaluasi dan optimalisasi pompa didapat perhitungan seperti, kapasitas, kecepatan aliran, *head total*, *head loss*, daya pompa yang meliputi daya air dan daya penggerak, efisiensi pompa, dan NPSHa [5]. Untuk evaluasi *sea water booster pump* ini didapatkan dengan menggunakan persamaan (1-10) sebagai berikut. Kecepatan aliran cairan pada pipa dapat dihitung dengan menggunakan rumus [6] :

$$V = \frac{(m^3/h) (3,54)}{(pipe\ ID\ in\ cm)^2} \tag{1}$$

Untuk mengetahui *head total* dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus berikut, [4]:

$$TH = (H_2 - H_1) + \sum hf_{(1-2)}$$

$$TH = \left(\frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 \right) - \left(\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 \right) + \sum hf_{(1-2)} \tag{2}$$

Headloss merupakan kerugian yang terjadi pada aliran yang terbagi menjadi dua yaitu, *headloos mayor* dan *minor* [7]. *Headloss mayor* dapat diketahui menggunakan rumus [6]:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V_d^2}{2g} \tag{3}$$

Untuk menemukan *friction factor* perlu ditemukan *reynold number* dan kekasaran pipa dalam pipa (ϵ)[8]. *Reynold number* dapat diketahui menggunakan rumus, [6]:

$$Re = \frac{VD}{\nu} \tag{4}$$

Setelah mendapatkan *reynold number*, maka perlu menemukan *friction factor* dengan menggunakan rumus [9]:

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (5)$$

Untuk menghitung *headloss minor* dapat menggunakan rumus, [6] :

$$h_l = k \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

Daya pada pompa terbagi menjadi tiga, yaitu daya air, daya penggerak, dan daya poros [10]. Untuk menghitung daya air dapat menggunakan rumus berikut, [6] :

$$WkW = \frac{\dot{m} \times TH}{6131} \quad (7)$$

Untuk menghitung *mass flowrate* dapat menggunakan rumus [9] :

$$\dot{m} = A \times V \times \rho \quad (8)$$

Daya poros dari motor listrik 3 *phase* dapat dihitung menggunakan perhitungan dari rumus, [11] :

$$P = \frac{V \times I \times \cos \phi \times \sqrt{3}}{1000} \times \eta_m \quad (9)$$

Daya penggerak dapat dihitung menggunakan perhitungan dari rumus berikut [12] :

$$BkW = \frac{WkW}{\eta_p} \quad (10)$$

Efisiensi pompa merupakan perbandingan antara output dan input. Untuk menghitung

efisiensi pompa dapat menggunakan rumus, [6] :

$$\eta_p = \frac{WkW}{BkW} \times 100\% \quad (9)$$

Net positive suction head available (NPSHa) adalah metode yang digunakan untuk menentukan cairan hisap cukup tinggi agar mencegah kavitasi [8]. Untuk mencari NPSHa dapat didapatkan dengan menggunakan rumus, [6] :

$$h_{sv} = \frac{P_t - P_v}{\gamma} - Z - h_f \quad (10)$$

3. PEMBAHASAN

Dalam optimalisasi *sea water booster pump* ini, dibutuhkan beberapa nilai yang diperlukan, antara lain spesifikasi dan data operasi dari *sea water booster pump*. Setelah itu dilakukan analisa perhitungan untuk mengetahui unjuk kerjanya kemudian dilakukan optimalisasi dan dianalisa kembali unjuk kerjanya.

3.1 Spesifikasi Sea Water Booster Pump

Pada *sea water booster pump* menggunakan pompa dari pabrikan Met Pro Corporation, dengan spesifikasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

3.2 Data Operasi Harian SWBP

Data operasi yang didapat setelah melakukan inspeksi selama penelitian dapat dilihat dari Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi *Sea Water Booster Pump*

Deskripsi	Spesifikasi
<i>Manufacture</i>	MET PRO CORPORATION
<i>Service</i>	Sea Water Booster Pump
No Seri	956555
Model	TELFORD 1500
Capacity	155 m ³ /h
Head	29 m
<i>Speed</i>	1450 rpm
Tipe Pompa	Single stage pump
Efisiensi	74%

Tabel 2. Data Operasi *Sea Water Booster Pump*

Deskripsi	Spesifikasi
<i>Pressure Discharge</i>	2,2 bar
<i>Pressure Suction</i>	0,5 bar
Massa Jenis Fluida	995 kg/m ³
Temperatur Fluida	32° C
Tinggi <i>Discharge</i>	3 m
Tinggi <i>Suction</i>	0 m
<i>Speed</i>	1150

3.3 Data Hasil Evaluasi

Evaluasi dilakukan terhadap kondisi desain dan pada kondisi aktual, sehingga dari perhitungan dapat diketahui keadaan aktual pompa terhadap kondisi pompa awal (desain). Detail perhitungan dan perbandingan dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa putaran motor pompa hanya sekitar 1150 rpm

lebih kecil 300 rpm dibanding dengan putaran motor desainnya, dan kapasitas yang dihasilkan 100 m³/h, lebih kecil 55 m³/h dari kapasitas desainnya. Dari Tabel 3 juga dapat diketahui efisiensi pompa ini sebesar 42,4%, jauh dibawah efisiensi desainnya. Untuk itu dilakukan usaha menaikkan kapasitas pompa sesuai kebutuhan.

Tabel 3. Hasil Evaluasi *Sea Water Booster Pump*

Parameter	Desain	Aktual	Selisih
Kapasitas, m ³ /h	155	100	55
Head, m	29	17,92	11,08
Daya Air, kW	12,14	4,78	7,36
Daya Penggerak, kW	22	15,11	6,89
Daya Poros, kW	16,4	11,25	15,15
NPSHa	-	9,81	-
Efisiensi, %	74	42,4	31,6
Putaran, rpm	1450	1150	300

3.4 Optimalisasi

Untuk optimalisasi pada *sea water booster pump* dapat menggunakan hukum *Affinity Law* dengan cara meningkatkan putaran yang merupakan salah satu cara efektif untuk menyesuaikan kinerja pompa terhadap kebutuhan operasional yang berubah. Untuk menentukan jumlah putaran baru pompa dapat menggunakan rumus :

$$N_2 = \sqrt{\frac{H_2}{H_1}} \times (N_1)^2 \tag{11}$$

Setelah mendapatkan putaran pompa baru, maka kita bisa mengetahui kapasitas pompa yang baru dengan menggunakan rumus :

$$Q_2 = \frac{N_2}{N_1} \times Q_1 \tag{12}$$

Head pompa baru didapatkan dengan menggunakan perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

$$H_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \times H_1 \tag{13}$$

Daya poros baru pada pompa didapatkan dengan menggunakan rumus sbagai berikut :

$$BkW_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 \times BkW_1 \quad (14)$$

Untuk mendapatkan daya air yang baru dapat menggunakan perhitungan dengan rumus :

$$WkW_2 = \frac{Mass\ Flowrate_2 \times TH_2}{6131} \quad (15)$$

Menentukan efisiensi pompa baru berdasarkan data daya air baru dan daya poros baru dengan menggunakan rumus berikut :

$$\eta_{p2} = \frac{WkW_2}{BkW_2} \quad (16)$$

Berdasarkan persamaan-persamaan diatas, didapatkan hasil optimalisasi pompa *sea water*, yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil optimalisasi *Sea Water Booster Pump*

Parameter	Desain	Aktual	Optimalisasi
Kapasitas, m ³ /h	155	100	127,13
Head, m	29	17,92	28,9
Daya Air, kW	12,14	4,78	9,84
Daya Penggerak, kW	22	15,11	-
Daya Poros, kW	16,4	11,25	23,11
NPSHa	-	9,81	-
Efisiensi, %	74	42,4	42,5
Putaran, rpm	1450	1150	1462

Dari tabel 4 tersebut dapat kita ketahui bahwa kapasitas pompa mengalami peningkatan dengan penambahan putaran sebesar 1462 rpm, begitu juga dengan efisiensi pompa mengalami peningkatan meskipun tidak terlalu signifikan sebesar 42,5%.

4 SIMPULAN

Evaluasi *Sea Water Booster Pump* menunjukkan penurunan kinerja pompa, dimana kapasitas operasional yang biasanya 120 m³/h turun menjadi 100 m³/h, menyebabkan efisiensi desain menurun dari 74% menjadi 42,4%. Setelah dilakukan optimalisasi pompa berdasarkan *Affinity Law* dengan meningkatkan putaran motor penggerak dari 1150 rpm menjadi 1462 rpm. Optimalisasi ini berhasil meningkatkan kapasitas dari 100 m³/h menjadi 127,13 m³/h dan menaikkan *Head* pompa dari 17,92 m menjadi 28,9 m dan efisiensi pompa mengalami peningkatan dari 42,4% menjadi 42,5%, optimalisasi ini berhasil mengembalikan kinerja pompa ke kondisi operasi yang diinginkan.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ferhat and M. P. Bimantio, "Optimization of the South Coast Seawater Purification Process by Using a Circulating Adsorption Column," *Opsi*, vol. 15, no. 1, p. 9, 2022, doi: 10.31315/opsi.v15i1.5548.
- [2] N. Subagia and D. Mulyono, "OPTIMALISASI UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL SINGLE STAGE ESH 100-250+ VATEC PADA REINJECTION SYSTEM DI PLTP PT GEO DIPA ENERGI UNIT 1 PATUHA," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Energi dan Miner.*, vol. 2, pp. 401-409, 2022, doi: 10.53026/sntem.v2i1.835.
- [3] N. Mavis and A. A. I. A. Adnyano, "Optimalisasi Kinerja Pompa pada Sistem Penyaliran Tambang Sirkulasi Tertutup Penambangan Timah Alluvial Optimization of Pump Performance in Alluvial Tin Mining Closed Circulation Mining System," vol. 10, no. 01, pp. 1-8, 2024.

[4] H. A. Pratama and E. S. Soedjono, "Evaluation of the Primary Pipe Network at Banua Anyar Booster Pump as an Effort to Reduce Water Loss in the Service area of Northern Banjarmasin, South Kalimantan," *Sci. Environ. J. Postgrad.*, vol. 6, no. 1, pp. 259-264, 2023, doi: 10.24036/senjop.v6i1.215.

[5] Kadriadi, A. S. Opu, K. W. Wirakusuma, and A. B. Pratama, "Implementasi Preventive Maintenance Pada Pompa Sentrifugal Departemen Stainless Steel Pt. Guang Ching Nikel and Stainless Steel," *SINERGI POLMED J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 153-162, 2024, doi: 10.51510/sinergipolmed.v5i1.1551.

[6] I. J. Karassik, J. P. Messina, P. Cooper, and C. C. Heald, *Pump Handbook*, Third Edit. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2001.

[7] M. Volk, *Pump Characteristics and Applications*, Third Edit. New York: Taylor & Francis Group, LLC, 2014.

[8] Ezekiel, *Fundamentals Of Pumps*. New Smyrna Beach: Ezekiel Enterprises, I.I.C., 1993.

[9] R. L. Mott, *Applied Fluid Mechanics*, Fifth Ed. Columbus Ohio: Prenrice Hall, 2000.

[10] Suharto, *Pompa Sentrifugal*. Jakarta: Ray Press, 2014.

[11] S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*, Fourth Ed. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2005.

[12] R. Carter, I. J. Karassik, and E. F. Wright, *Pump Questions and Answer*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., 1949.

V_2	= Kecepatan cairan pada pipa discharge, m/s
V_1	= Kecepatan cairan pada pipa suction, m/s
ρ	= Massa jenis cairan, kg/m^3
g	= Percepatan Gravitasi, m/s^2
$\sum hf$	= Losses suction dan losses discharge, m
h_f	= Head loss mayor, m
f	= Friction factor
L	= Panjang pipa, m
D	= Diameter pipa, m
v	= kecepatan aliran, m/s
Re	= Reynold number
ν	= Viskositas kinematik air, m^2/s
ϵ	= Relative roughness, m
h_l	= Head loss minor, m
k	= Kerugian faktor hambatan
WkW	= Daya air, kW
A	= Luas penampang, m^2
BkW	= Daya Penggerak, kW
P	= Daya Poros, kW
V	= Volume, m^3
I	= Arus Listrik, A
$\cos \phi$	= Power Faktor
η_p	= Efisiensi pompa, %
h_{sv}	= NPSH, m
P_t	= Tekanan atmosfer, kgf/m^2
P_v	= Tekanan uap jenuh, kgf/m^2
γ	= Berat zat cair, kgf/m^3
Z	= Tinggi, m
N	= Putaran penggerak, rpm

Daftar Simbol

V_d	= Kecepatan cairan pada pipa discharge, m/s
V_s	= Kecepatan cairan pada pipa suction, m/s
Q	= Kapasitas, m^3/h
TH	= Total Head, m
P_2	= Tekanan discharge, N/m^2
P_1	= Tekanan suction, N/m^2
γ	= Gaya gravitasi, N/m^3
Z_2	= Ketinggian discharge, m
Z_1	= Ketinggian suction, m