



Analisa Pengaruh Kerusakan *Bearing* terhadap Performa Pompa Diesel *Fire Fighting* PT PJB UP Muara Tawar

Ariyanti¹, Amanah Kusumadewi¹, Cecep Slamet Abadi¹, dan Adi Syuriadi¹

¹Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy Kampus, Kukusan, Depok, 16425

Abstrak

UP Muara Tawar tentunya harus memiliki sistem pemadam kebakaran untuk mencegah terjadinya kebakaran. Salah satu komponen penting pada sistem pemadam yang berfungsi untuk menyuplai air menuju ke seluruh sistem adalah pompa *fire fighting*. Pompa tidak dapat bekerja secara maksimal dan mengalami penurunan performa, ketika salah satu komponen contohnya *bearing* pada pompa mengalami kerusakan. Pada pompa yang digerakkan oleh mesin diesel, terjadi kerusakan di bagian *bearing*. Oleh karena itu, penulis melakukan analisa penyebab kerusakan *bearing* dan pengaruhnya terhadap performa pompa diesel *fire fighting*. Setelah di analisa, kerusakan ini disebabkan karena *bearing* tersebut mengalami kelonggaran antara *ball* dan *race*. Kondisi *bearing* ini mengakibatkan adanya vibrasi yang tinggi pada pompa. Untuk mengetahui pengaruhnya, maka dilakukan perhitungan efisiensi dengan data seperti tekanan keluar dan debit aliran. Saat terjadi kerusakan *bearing*, diketahui efisiensi pompa berada di angka 38,7 %. Setelah dilakukannya perbaikan dengan penggantian *bearing*, vibrasi pompa kembali pada kondisi normal yaitu 8,469 mm/s dan efisiensi pompa mengalami kenaikan yaitu berada di angka 72,99 %. Hal ini dapat disimpulkan bahwa, kerusakan *bearing* yang terjadi mempengaruhi performa pompa diesel *fire fighting* dengan parameter efisiensi pompa.

Kata-kata kunci: Pompa *Fire Fighting*, *bearing*, vibrasi, performa, efisiensi.

Abstract

UP Muara Tawar must have a fire extinguishing system to prevent fires from occurring. One of the important components in the extinguishing system that serves to supply water to the entire system is the fire fighting pump. The pump cannot work optimally and has decreased performance, when one component, for example the bearing on the pump, is damaged. In a pump driven by a diesel engine, the bearing is damaged. Therefore, the author analyzes the causes of bearing damage and its effect on the performance of the fire fighting diesel pump. After analysis, this damage was caused because the bearing was loose between the ball and race. This bearing condition results in high vibrations in the pump. To determine the effect, efficiency calculations are carried out with data such as outlet pressure and flow rate. When bearing damage occurs, it is known that the pump efficiency is at 38.7%. After repairing with bearing replacement, the pump vibration returned to normal conditions, namely 8.469 mm/s and the pump efficiency increased at 72.99%. It can be concluded that bearing damage that occurs affects the performance of the diesel fire fighting pump with pump efficiency parameters.

Keywords: Fire Fighting Pump, bearing, vibration, efficiency, performance

* Corresponding author *E-mail address*: ariyanti.tm19@mhs.pnj.ac.id.

1. PENDAHULUAN

PT PJB UP Muara Tawar merupakan perusahaan pembangkit listrik yang berlokasi di Bekasi Jawa Barat, terdiri dari 12 turbin gas dan 2 turbin uap dengan total daya 2.050 MW. Pembangkit listrik tentunya harus memiliki sistem pemadam kebakaran untuk mencegah terjadinya kebakaran. Pada UP Muara Tawar, sistem pemadam kebakaran terdiri dari CO₂, *foam*, dan air. [9] Air untuk pemadam kebakaran didapatkan dari air tawar dan air laut. Air tersebut disuplai menggunakan pompa yaitu pompa *fire fighting* yang kemudian dikirim ke seluruh sistem yang ada di unit dan secara otomatis bekerja apabila terjadi indikasi kebakaran.

Pada sistem *fire fighting* terdapat dua buah pompa, pompa 1 digerakkan oleh motor listrik dan pompa 2 digerakkan oleh mesin diesel. [9] Fungsi pompa motor listrik bekerja dengan baik jika saat terjadi kebakaran listrik masih menyala. Namun jika listrik padam, maka tugas utama akan digantikan oleh pompa diesel secara otomatis. Pompa diesel *fire fighting* memiliki fungsi untuk menggantikan peran dari pompa motor untuk menyalurkan *raw water* dari *raw tank* ke dalam instalasi perpipaan pada sistem *hydrant* dan *sprinkler* dan juga berfungsi untuk menjaga tekanan sistem berada di batas normal. Baik pompa motor maupun diesel semuanya selalu dalam keadaan siap beroperasi.

Pompa tidak dapat bekerja secara maksimal dan mengalami penurunan performa, ketika salah satu komponen contohnya *bearing* pada pompa mengalami kerusakan. Pompa diesel *fire fighting* merupakan salah satu peralatan *critical* pada UP Mura Tawar dimana keandalan operasionalnya harus terjaga. Pada pompa yang digerakkan oleh mesin diesel ini, terjadi kerusakan pada bagian *bearing* sehingga harus dilakukan perbaikan. Jika kerusakan *bearing* ini tidak segera diperbaiki, maka dapat menyebabkan kerusakan pada komponen lain di dalam pompa yang dapat mengurangi performa pompa itu sendiri ataupun mengakibatkan pompa itu tidak dapat dioperasikan. Berdasarkan *manual book* pompa *fire fighting*, efisiensi yang dapat dihasilkan dari pompa diesel ini yaitu sebesar 85%. Pada penelitian lain terkait performa pompa, peneliti sebelumnya hanya melakukan perhitungan efisiensi pompa dengan variasi kecepatan motor dan juga perhitungan head total tidak melibatkan *head loss* yang muncul sepanjang pipa dan *fitting*.

Oleh sebab itu, penulis menggunakan kesempatan ini sebaik-baiknya untuk menganalisa penyebab dari kerusakan *bearing* dan pengaruh kerusakan *bearing* terhadap performa pompa diesel *fire fighting*. Tujuannya adalah untuk mengetahui sebab-sebab rusaknya *bearing* pada pompa diesel ini dan mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi performa pompa. Hasil yang penulis inginkan dari penelitian ini yaitu mendapatkan data perubahan performa dengan parameter efisiensi pompa saat terjadinya kerusakan dan setelah dilakukannya perbaikan penggantian *bearing*. Penelitian ini tentunya dapat berguna untuk bidang konversi energi karena di dalam penelitian ini, penulis menguraikan konversi energi yang terjadi pada pompa dan cara melakukan perhitungan efisiensi yang dihasilkan pada pompa.

Tujuan Penulisan

Berdasarkan latar belakang diatas, beberapa tujuan penulisan laporan ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penyebab kerusakan *bearing* pada performa pompa diesel *fire fighting*.
2. Mengetahui pengaruh kerusakan *bearing* pada performa pompa diesel *fire fighting*.

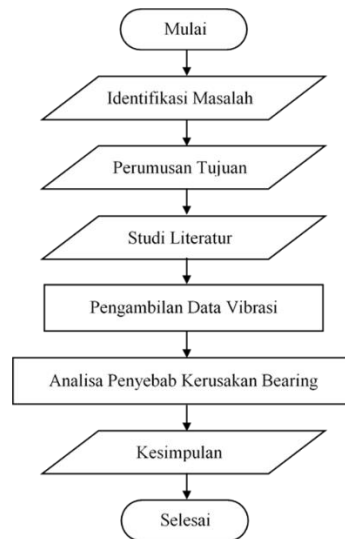
2. METODE PENELITIAN

Studi literatur adalah tahap awal untuk mengetahui informasi penelitian pada laporan ini. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari pompa *diesel fire fighting*. Proses studi literatur didapat dari berbagai sumber informasi. Mulai dari co-mentor dan mentor pemeliharaan mesin blok 1-2, karyawan PT PJB dan MKP serta internet. Penulis melakukan studi literatur supaya dapat memahami objek pembahasan pada laporan ini dengan baik.

Setelah studi literatur, langkah selanjutnya adalah pengambilan data performa pada pompa *fire fighting* dengan penggerak diesel. Untuk mengetahui performa pompa, penulis mendapatkan data tekanan pompa diesel pada *pressure* indikator di area *fire fighting* dan laporan dari operator. Selain itu nilai vibrasi pompa menjadi tolak ukur pengaruh kerusakan *bearing* yang didapat dari bidang prediktif saat mengikuti *performance test* pompa diesel *fire fighting*.

Langkah selanjutnya, penulis melakukan analisa penyebab-penyebab kerusakan *bearing* pada pompa *fire fighting*. Setelah diketahui penyebabnya, penulis membahas lebih lanjut pengaruhnya terhadap performa pompa *fire fighting* tersebut.

Langkah terakhir yang dilakukan penulis adalah melakukan kesimpulan terhadap hasil yang didapat dan juga pembahasan yang telah dijabarkan sebelumnya. Beberapa saran penulis berikan agar kedepannya kerusakan *bearing* pompa *fire fighting* dapat diminimalisir.



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan

Parameter Penelitian

Parameter uji yang di ukur adalah:

1. Tinggi *head* tekan adalah ketinggian vertikal yang dihitung dari titik pusat pompa ke titik tertinggi pemindahan fluida. Tinggi head tekan dapat dilihat dengan melakukan pembacaan pada *pressure gauge* yang dipasang pada pipa *outlet*.
2. Tinggi *head* hisap adalah ketinggian hisap pompa dari level air ke titik tertinggi pipa *suction*. Tinggi head hisap dapat dilihat dengan melakukan pembacaan pada *vaccum gauge* yang dipasang pada pipa *inlet*.
3. Debit fluida ini dapat diperoleh dengan cara memutar katup kontrol dari posisi tertutup hingga bukaan penuh dalam kondisi putaran poros yang berbeda-beda dengan membaca skala pada *flowmeter*.
4. Head total adalah kemampuan tekanan maksimum pada titik kerja pompa, sehingga pompa tersebut mampu mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lainnya. Head total ini dapat diperoleh dari hasil perhitungan tinggi tekan dan tinggi hisap pada berbagai macam debit.
5. Daya diesel adalah Daya yang harus ditransmisikan oleh diesel ke poros sehingga poros bisa menggerakkan pompa dan pompa bisa bekerja sesuai dengan Daya Air-nya. Daya diesel yang didapat langsung pada pembacaan alat ukur multi ac meter.
6. Daya air adalah daya untuk melakukan kerja yaitu memindahkan sejumlah volume air pada ketinggian tertentu. Daya air dapat diperoleh dari hasil perhitungan pengukuran tinggi tekan, tinggi hisap dan debit fluida.
7. Efisiensi pompa adalah perbandingan daya hidrolis dibagi daya diesel dikali 100%. Efisiensi pompa ini dapat diperoleh dari hasil perhitungan daya air dan daya poros. [8]

Rumus Menghitung Performa Pompa

Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung *head* total, daya pompa dan efisiensi pompa dalam penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Head Pompa

Head total pompa adalah energi persatuan berat yang harus disediakan oleh pompa. Head total pompa dihitung dengan rumus :

$$\mathbf{Head\ Total = H\ Static + H\ Kecepatan + H\ Tekan + H\ Loss} \quad (2.1)$$

$$Head\ Static = z_2 - z_1 = 10,5\ m \quad (2.2)$$

$$Head\ Kecepatan = \frac{vz^2}{2g} \quad (2.3)$$

$$\text{Head Tekan} = \frac{P \text{ Keluar} - P \text{ Masuk}}{\rho \cdot g} \quad (2.4)$$

$$\text{Head Loss Total} = H \text{ Loss Major} + H \text{ Loss Minor} \quad (2.5)$$

$$HL \text{ Major} = \frac{10,67}{C^{1,85}} \frac{Q^{1,85}}{d^{4,87}} \times L \quad \text{Persamaan Hazen-Williams} \quad (2.6)$$

$$HL \text{ Minor} = k \frac{v^2}{2g} \quad \text{Persamaan Darcy-Weisbach} \quad (2.7)$$

Dimana:

HT = Head total (m)

Hs = Head static (m)

Hk = Head kecepatan keluar (m)

Hp = Head tekan (m)

Hl = Head Loss (m)

C = Koefisiensi kekasaran Haze Williams

k = Koefisiensi fitting

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Q = Debit aliran (m³/s)

L = Panjang pipa (m)

d = Diameter pipa (m)

v = Kecepatan aliran air (m/s)

v = Kecepatan keluar nozzle (m/s)

Persamaan 2.3, 2.4 adalah persamaan Bernoulli yang sudah dimodifikasi untuk perhitungan head total pompa. Persamaan tersebut didapatkan dari artikel Unpas tentang head total.

Persamaan 2.6 merupakan persamaan *Hazen-Williams* yang didapatkan pada jurnal BPSDM. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk perpipaan yang sangat panjang contohnya perpipaan sistem pemadam. [1]

Persamaan 2.7 merupakan persamaan *Darcy-Weisbach* yang didapatkan pada artikel Unpas. Persamaan ini dapat digunakan ketika nilai koefisien kekasaran fitting sudah diketahui. [5]

2. Daya Diesel (PD)

Daya diesel adalah jumlah energi yang masuk pada diesel agar dapat menggerakkan pompa, daya diesel didapatkan dari *name plate* diesel, yaitu:

$$\mathbf{PD = 343022 \text{ Watt}} \quad (2.8)$$

3. Daya Hidrolis (PH)

Daya hidrolis adalah daya dari pompa sentrifugal yang digunakan untuk mengalirkan debit pada head tertentu. Daya air dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\mathbf{PH = \rho \times g \times Q \times Ht} \quad (2.9)$$

Dimana:

ρ = Massa jenis air (1000 kg/m³)

g = Gravitasi (9.81 m/s²)

Q = Debit aliran (m³/s)

Ht = Head total (m)

4. Efisiensi Pompa (η)

Efisiensi adalah ukuran dari perbandingan keluaran sistem dengan daya yang diperlukan untuk menggerakkan sistem. Efisiensi pompa dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\mathbf{\eta = \frac{PH}{PD} \times 100 \%} \quad (2.10)$$

Dimana:

η = Efisiensi pompa (%)

PH = Daya hidrolis (Watt)

PD = Daya diesel (Watt) [8]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Penyebab Kerusakan Bearing

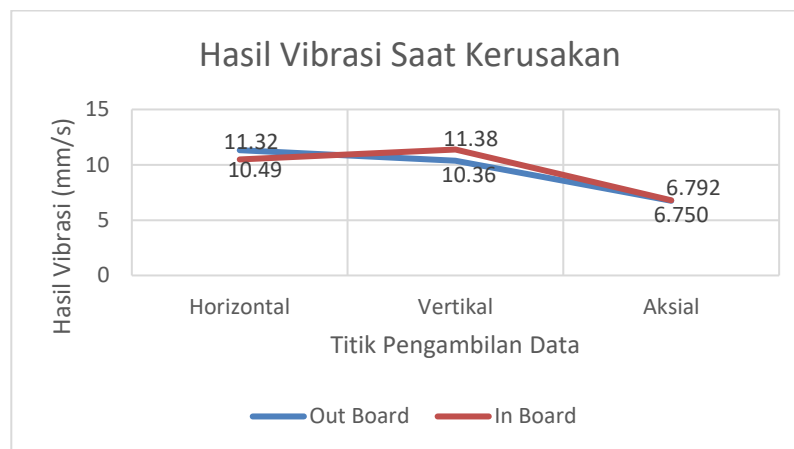
Setiap peralatan di pembangkit dibutuhkan *maintenance* untuk memastikan bahwa kondisi peralatan tersebut aman dan layak untuk digunakan. Saat *preventive maintenance* pada pompa *fire fighting* [7], pihak pemeliharaan menemukan adanya *misalignment* pada pompa, dan hal ini membuat beban pada *bearing* semakin besar. [2] *Bearing* merupakan elemen penting pada pompa yang berfungsi sebagai bantalan untuk menumpu *shaft* agar dapat berputar pada porosnya tanpa mengalami gesekan yang berlebih. [4] Ketika pompa tetap beroperasi secara terus menerus, membuat *bearing* mengalami kelonggaran antara *ball* dan *race* nya. Kondisi bearing yang seperti ini merupakan penyebab tingginya nilai vibrasi pada pompa.



Gambar 2. Kondisi pada Bearing

Setelah mengetahui titik kerusakan pada pompa diesel di *fire fighting*, penulis menganalisa pengaruh yang terjadi terhadap performa pompa. Pihak pemeliharaan melakukan visual cek untuk memastikan parameter tekanan pada pompa diesel. Data menunjukkan pompa bekerja pada tekanan 9,5 bar.

Selain itu, pihak pemeliharaan berkoordinasi dengan prediktif untuk melihat hasil vibrasi pompa. Berdasarkan standar getaran ISO 18016, semakin rendah nilai vibrasi maka *equipment* tersebut masih dalam kondisi baik dan begitu sebaliknya. [3]



Gambar 3. Hasil Vibrasi Pompa Diesel Saat Kerusakan

Berdasarkan gambar 3 hasil *out board* titik horizontal dengan hasil vibrasi 11.32 mm/s dan juga *in board* titik vertikal dengan hasil vibrasi 11.38 mm/s dengan menggunakan acuan standar ISO-10816, nilai vibrasi dari pengambilan data masuk ke dalam kategori *red zone*, dimana kriteria mesin dalam kondisi danger dengan nilai vibrasi tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan pada bearing menjadi lebih parah dan pompa tidak dapat dioperasikan. Vibrasi ini jika tidak segera diperbaiki juga akan merusak komponen lain di dalam pompa yang dapat mengurangi performa pompa itu sendiri.

Dengan adanya indikasi kerusakan *bearing* pada pompa, pemeliharaan mesin 1-2 menyarankan untuk dilakukan penggantian bearing. Setelah mendapatkan data vibrasi, pihak prediktif juga menyarankan untuk penggantian *bearing*. Sebelum dilakukan penggantian, pihak mekanik mengajukan untuk pembuatan *work request* ke pihak rendal. Setelah mendapatkan JSEA (*Job Safety Invironment Analysis*) dan PTW (*Permitt To Work*), pihak pemeliharaan diijinkan untuk penggantian bearing. Kegiatan pengerjaan ini masuk ke dalam *corrective maintenance*.

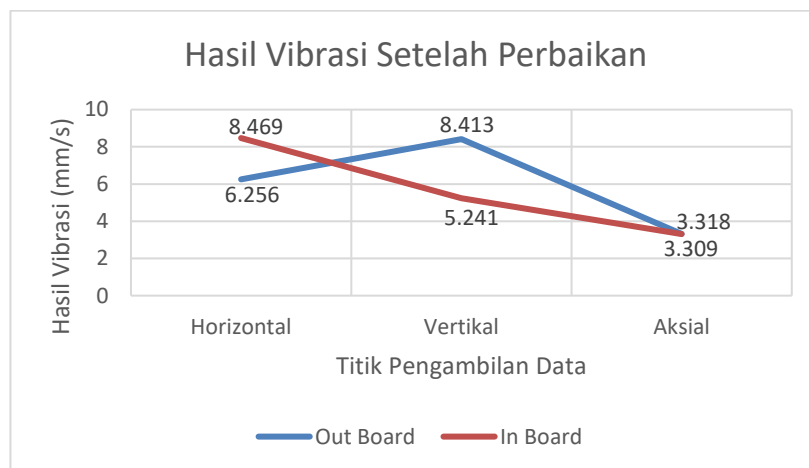
Selanjutnya dilakukan penggantian *bearing*, *bearing* yang digunakan adalah jenis *ball bearing* dengan tipe SKF 6212. Sebelum dimasukkan ke dalam *shaft* pompa, *bearing* dipanaskan terlebih dahulu untuk memuaikan bagian *inner ring* menggunakan SKF *Induction Heater* dengan suhu 115°C. *Bearing* harus dipastikan dalam keadaan bersih untuk menghindari *noise* dan *vibration* saat *bearing* bekerja. Setelah *bearing* terpasang dengan benar di *shaft*, *bearing* diberi pelumas *grease* di sekitar *rolling element*. Terdapat dua *bearing* yang digunakan pada pompa ini.



Gambar 4. Bearing SKF 6212/C3 [6]

Setelah semua elemen dimasukkan, tahap selanjutnya dilakukan penginstalan pompa oleh pihak pemeliharann. Setelah selesai penginstalan pompa, pihak pemeliharaan melakukan visual cek untuk melihat kondisi pompa.

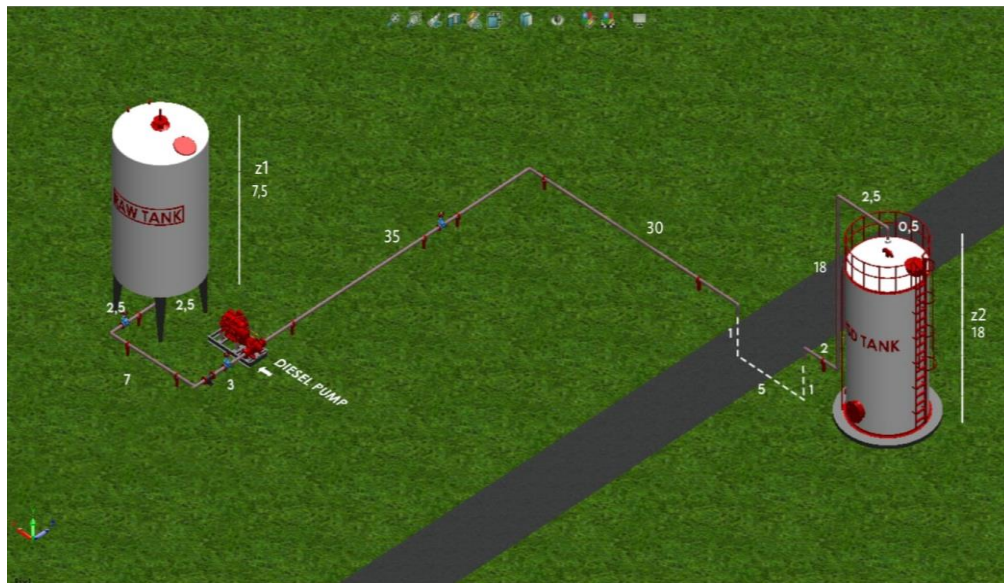
Selanjutnya dilakukan test pengoperasian pompa oleh operator lokal. Proses pengoperasian pompa disaksikan oleh bidang pemeliharaan mesin untuk memastikan pompa dalam kondisi baik dan bidang prediktif, untuk mendapatkan nilai vibrasi setelah dilakukan perbaikan.



Gambar 5. Hasil Vibrasi Pompa Diesel Setelah Perbaikan

Data pada gambar 5. adalah nilai vibrasi setelah penggantian *bearing*. Data ini menunjukkan terjadi penurunan nilai vibrasi. Hasil nilai vibrasi pada posisi *out board* titik vertikal sebesar 8.413 mm/s dan untuk posisi *in board* titik horizontal sebesar 8.469 mm/s. Dengan menggunakan acuan standar ISO-10816, nilai vibrasi dari pengambilan data masuk ke dalam kategori *Orange zone*. *Orange zone* menunjukkan peralatan tersebut aman untuk dioperasikan. Pihak pemeliharaan juga melakukan cek terhadap parameter tekanan pada pompa diesel dan tekanan menunjukkan angka 10 bar.

Pengaruh Kerusakan Bearing pada Performa Pompa



Gambar 6. Instalasi Sistem Fire Fighting

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi performa pompa diesel karena kerusakan *bearing* yaitu ada 4, debit aliran, tekanan keluar, *head* total, dan efisiensi pompa. Perubahan besarnya debit aliran, tekanan keluar dapat dilihat pada tabel parameter data saat kerusakan dan setelah perbaikan. Sedangkan perubahan nilai *head* total, efisiensi pompa dapat dilihat pada perhitungan performa di bawah ini menggunakan rumus yang telah dijabarkan sebelumnya.

Pada saat terjadinya kerusakan, pihak operator dan pemeliharaan melakukan performance test terhadap Pompa Diesel *Fire Fighting*. Tabel berikut adalah parameter data untuk menghitung performa pompa saat terjadi kerusakan.

Tabel 1. Parameter Data Saat Terjadi Kerusakan

No	Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
1.	Tekanan Keluar	P2	Bar	9,5
2.	Debit	Q	m ³ /s	0,06833
3.	Panjang Pipa	L	m	110
4.	Massa Jenis	ρ	Kg/m ³	1000
5.	Percepatan Gravitasi	g	m/s ²	9,81
6.	Kecepatan Aliran	v	m/s	1,35
7.	Diameter Pipa	d	m	0,254
8.	Diameter Nozzle	dz	m	0,0381
9.	Kecepatan Keluar Nozzle	vz	m/s	59,96
10.	Koef Kekasaran pipa GIP	C	-	120
11.	Koef Fitting Total	k	-	8,38
12.	Daya Diesel	PD	Watt	343022

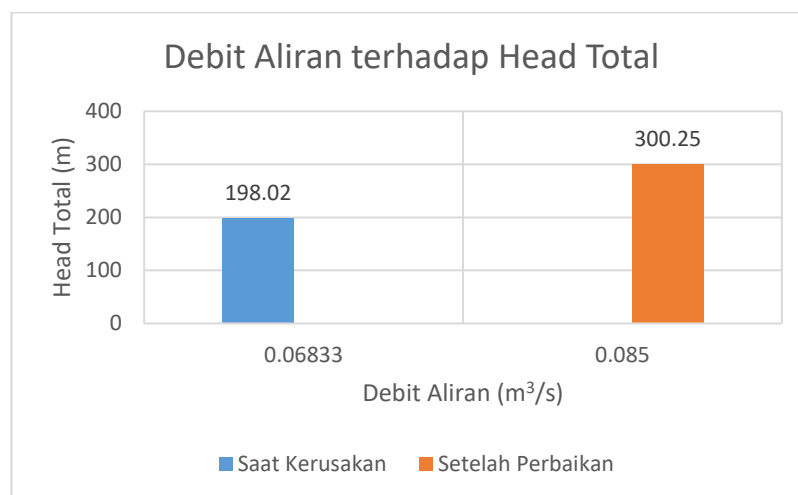
Setelah dilakukannya perbaikan, pihak operator dan pemeliharaan kembali melakukan performance test terhadap Pompa Diesel *Fire Fighting*. Tabel berikut adalah parameter data untuk menghitung performa pompa setelah perbaikan.

Tabel 2. Parameter Data Setelah Perbaikan

No	Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
1.	Tekanan Keluar	P2	Bar	10
2.	Debit	Q	m ³ /s	0,085
3.	Panjang Pipa	L	m	110
4.	Massa Jenis	ρ	Kg/m ³	1000
5.	Percepatan Gravitasi	g	m/s ²	9,81
6.	Kecepatan Aliran	v	m/s	1,68
7.	Diameter Pipa	d	m	0,254
8.	Diameter Nozzle	dz	m	0,0381
9.	Kecepatan Keluar Nozzle	vz	m/s	74,59
10.	Koef Kekasaran pipa GIP	C	-	120
11.	Koef Fitting Total	k	-	8,38
12.	Daya Diesel	PD	Watt	343022

Pengaruh Debit Aliran terhadap Head Total

Hasil perhitungan pengaruh debit aliran terhadap head total dapat dilihat pada berikut.



Gambar 7. Debit Aliran terhadap Head Total

Dari gambar di atas, dapat terlihat bahwa head total berbanding lurus terhadap debit aliran. Semakin besar head total maka debit aliran juga mengalami kenaikan, begitu pula sebaliknya. Semakin kecil head total maka debit aliran mengalami penurunan. Dari data di atas menunjukkan kenaikan *head* total cukup berpengaruh terhadap debit aliran.

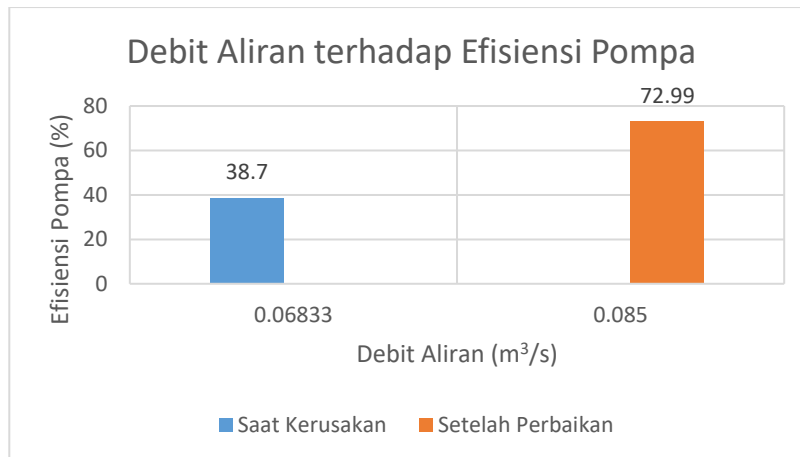
Jika diperhatikan dari hasil perhitungan data yang didapat, terlihat bahwa head total terbesar diperoleh pada debit 0,085 m³/s yaitu sebesar 300,25 m, dan head total terendah diperoleh pada debit aliran 0,06833 m³/s yaitu sebesar 198,02 m.

Pengaruh Debit Aliran terhadap Efisiensi Pompa

Dari gambar 8, dapat terlihat bahwa efisiensi pompa pada debit aliran yang tinggi mengalami kecenderungan meningkat. Pada debit aliran 0,06833 m³/s menunjukkan efisiensi sebesar 38,7%, sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada debit aliran 0,085 m³/s yaitu dengan efisiensi pompa sebesar 72,99 %.

Oleh karena itu berdasarkan perhitungan data hal ini menyebabkan efisiensi bertambah pada debit aliran yang lebih tinggi. Artinya debit aliran berpengaruh terhadap efisiensi pompa. Dapat disimpulkan bahwa efisiensi berbanding lurus terhadap debit aliran.

Hasil perhitungan pengaruh debit aliran terhadap efisiensi pompa dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 8. Debit Aliran terhadap Efisiensi Pompa

4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan analisa masalah serta perhitungan efisiensi pompa diesel *fire fighting* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Faktor penyebab kerusakan *bearing* yaitu beban bearing yang besar dengan operasi yang terus-menerus membuat *bearing* mengalami kelonggaran antara *ball* dan *race* nya. Hal tersebut menjadi penyebab vibrasi pada pompa tinggi. Setelah dilakukannya penggantian *bearing*, hasil pengukuran vibrasi menunjukkan bahwa vibrasi kembali berada dalam keadaan normal atau aman jika pompa diperasikan.
2. *Head* total dan efisiensi pompa, berbanding lurus dengan debit aliran, yaitu semakin besar debit aliran maka *head* total dan efisiensi pompa juga semakin besar. *Head total* terbesar diperoleh pada debit aliran 0,085 m³/s yaitu sebesar 300,25 m, dan *head total* terendah diperoleh pada debit aliran 0,06833 m³/s yaitu sebesar 198,02 m. Efisiensi pompa maksimum didapat pada debit aliran 0,085 m³/s dengan efisien sebesar 72,99 %, sementara efisiensi pompa minimum diperoleh pada debit aliran 0,06833 m³/s dengan efisiensi pompa sebesar 38,7 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT PJB UP Muara Tawar yang telah mengizinkan penulis mengambil topik permasalahan dari pembangkit tersebut. Penulis juga berterima kasih kepada Bapak Ari Yulianto selaku pembimbing industri yang telah banyak membantu dalam pencarian data di UP Muara Tawar dan mendukung penulisan penelitian ini sampai akhir.

REFERENSI

- [1] BPSDM Kementerian PU. (2021). Perencanaan Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi Air Minum. *BPSDM Edok*, 1–16.
- [2] Centre, P. L. (2021). Manual Book Bearing, Seal & Gasket. *Arkaresearch Development*, 54.
- [3] Indra Kurniawan. (2012). Pemilihan Dan Perawatan Bantalan Pada Mesin Uji Tarik Kecil. *Tesis Ph. D, Universitas, Depok*.
- [4] Lubis, F., Pane, R., Lubis, S., Siregar, M. A., & Kusuma, B. S. (2021). Analisa Kekuatan Bearing Pada Prototipe Belt Conveyor. *Journal Mesin Elektro Sipil*, 2(2), 51–57.
- [5] Prameswari, D. (2014). Pengaruh Perlakuan Panas Dan Penuaan. *Repository Unpas*, 5–18.
- [6] Pratomo, Abdim, M., Handayani, & Utami, S. (2015). Analisa Performa Efisiensi Boiler Feed Pump Turbin Unit 1 Pltu 3 Jawa Timur Tanjung Awar – Awar Tuban. *Universitas Diponegoro*, 6–18.
- [7] Rianto, E. (2016). *Kerusakan Pada Turbin Uap Ubb Vibration Analisis To Detection the Failure of Steam Turbine Ubb Victory Iii At Pt. Petrokimia Gresik*.
- [8] Zahara, S. (2018). Analisa Permansi Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Kecepatan Putaran Mesin Dan Debit Aliran. *Teknik Mesin, Universitas IBA, Palembang*, 6(2), 102–110.
- [9] Plant, M. T. P. (1994). *Fire Protection System Training Manuals*. UP Muara Tawar. Bekasi.