

**ANALISA PERFORMANCE POMPA SENTRIFUGAL
DI UNIT 2 PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR**

- 1) Staff pengajar, Prodi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani KM-35,5, Banjarbaru, Indonesia.
- 2) Mahasiswa, Prodi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani KM-35,5, Banjarbaru, Indonesia

Correponding email ¹⁾ :
rachmatsubagyo@ulm.ac.id

Received: 25-01-21

Accepted: 18-03-21

Published: 28-08-21

©2021 Politala Press.
All Rights Reserved.

Rachmat Subagyo ¹⁾, Bagaskoro Rizqining Hendratno ²⁾

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja pompa sentrifugal. Data-data yang diperlukan dalam riset ini diperoleh dari data commissioning dan data aktual pompa sentrifugal Lean Benfield Solution. Adapun data yang dibutuhkan meliputi: kecepatan (RPM), Kapasitas (Q), Head (H), Axle Power (BHP), Hydrolysis Power (WHP), Suction Pressure, Discharge Pressure, rasio Discharge Pressure dan Efficiency (η). Hasil analisis perhitungan pada minggu pertama diperoleh data-data sebagai berikut: $\Delta P = 34,8 \text{ kg / cm}^2$, Head (H) = 274m, Hydrolysis Power (WHP) = 84kW, Axle Power (BHP) = 116kW, Efisiensi pompa = 72%, begitu juga minggu kedua hingga minggu kedelapan. Kemudian hasil data aktual yang diperoleh dibandingkan dengan data komisioning. Hasil analisis data pada penelitian ini menunjukkan tidak ada data yang melebihi data komisioning. Data aktual tertinggi dicapai pada minggu ke delapan dengan nilai sebagai berikut: ΔP sebesar 36 kg/cm^2 , Head (H) = 283m, Hydrolysis Power (WHP) = 104kW, Axle Power (BHP) = 141kW dan Efisiensi = 74,8%.

Kata Kunci: Kinerja, Pompa, Kepala, Efisiensi, Aktual, Komisioning

Abstract. This study aims to determine the performance of centrifugal pumps. The data required in this research were obtained from commissioning data and actual data on the Lean Benfield Solution centrifugal pump. The data required includes: speed (RPM), Capacity (Q), Head (H), Axle Power (BHP), Hydrolysis Power (WHP), Suction Pressure, Discharge Pressure, Discharge Pressure and Efficiency (η) ratio. The results of the calculation analysis in the first week obtained the following data: $\Delta P = 34.8 \text{ kg / cm}^2$, Head (H) = 274m, Hydrolysis Power (WHP) = 84kW, Axle Power (BHP) = 116kW, pump efficiency = 72 %, as well as the second week to the eighth week. Then the results of the actual data obtained are compared with the commissioning data. The results of data analysis in this study indicate that there is no data that exceeds the commissioning data. The highest actual data was achieved in the eighth week with the following values: $\Delta P = 36 \text{ kg / cm}^2$, Head (H) = 283m, Hydrolysis Power (WHP) = 104kW, Axle Power (BHP) = 141kW and Efficiency = 74.8%.

Keywords: Performance, Pump, Head, Efficiency, Actual, Commissioning

To cite this article at <https://doi.org/10.34128/je.v8i1.156>

1. Pendahuluan

Pompa berfungsi sebagai pendorong fluida air ataupun gas untuk dipindahkan dari satu tempat ketempat yang lain. Pompa merupakan suatu alat yang sangat penting pada sebuah perusahaan dalam menjalankan produksinya. Salah satu jenis pompa yang kita kenal adalah pompa sentrifugal yang sangat cocok digunakan dalam berbagai aplikasi, meskipun proses kinerja pompa masih sulit untuk ditentukan [1].

Dalam aplikasinya pompa sentrifugal dapat disusun seri dan paralel, masing-masing memiliki keunggulan pada susun seri lebih meningkatkan head [2][3], dan susun paralel lebih meningkatkan debit [4]. Dalam pengoperasiannya pompa juga memerlukan jaringan pipa-pipa yang mendukung jalannya pengaliran fluida. Ketika fluida melewati suatu jaringan pipa akan mengalami kerugian mayor dan minor losis. Pada kerugian

minor losis terjadi ketika fluida melewati katup, fitting dan percabangan. Aliran melalui percabangan sangat dipengaruhi oleh sudut yang terbentuk pada percabangan itu [5].

Pompa sentrifugal merupakan pompa yang sangat umum digunakan untuk memompa fluida seperti air, oli, minyak dan lain – lain di perumahan ataupun industri. Performansi pompa menjadi suatu hal yang sangat penting untuk diketahui dalam dunia industri. Beberapa parameter yang diperlukan untuk mengetahui performansi pompa yaitu: kapasitas, *head* pompa, daya poros, berat jenis fluida, daya hidrolisis dan efisiensi [6-9]. Dari parameter-parameter tersebut dapat ditentukan apakah sebuah pompa masih mampu mengalirkan fluida sesuai dengan keperluannya. Data performansi pompa sangat diperlukan untuk melakukan pemeliharaan seperti pergantian bagian yang rusak pada pompa tersebut. Rumus-rumus yang berhubungan dengan performansi pompa diuraikan lebih mendetail sebagai berikut:

Daya poros adalah ukuran dari daya mesin sebelum adanya kehilangan atau tambahan daya dari *gearbox*, *alternator*, *diferensial*, pompa hidraulik, dan lain lain. Istilah brake mengacu pada beban yang diaplikasikan pada mesin dan menahannya pada RPM tertentu.

$$BHP_2 = BHP_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3 \quad (1)$$

Dimana:

BHP_2 = Daya poros aktual (kW)

BHP_1 = Daya poros desain (kW)

Berat Jenis adalah perbandingan relative antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Air murni bermassa jenis 1g/cm^3 . Berat jenis tidak mempunyai satuan dimensi.

$$\gamma = \rho_{\text{air}} \times S.G \quad (2)$$

Dimana:

ρ_{air} = massa jenis air (Kg/m^3)

$S.G$ = *Specific Gravity Desain* (g/cm^3)

Daya Hidrolis (WHP) adalah daya minimum yang diperlukan untuk memindahkan air. Dengan kata lain, adalah kekuatan pompa yang dibutuhkan jika pompa itu 100% efisiennya. WHP dapat ditentukan jika laju aliran air dan gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan aliran diketahui.

$$WHP = \gamma \times H \times Q \quad (3)$$

Dimana:

γ = Berat jenis pompa (kW)

H = *Head* (m)

Q = Kapasitas (m^3/jam)

Head adalah energi angkat yang digunakan sebagai perbandingan antara suatu energi pompa per satuan berat fluida. Pengukuran dilakukan dengan mengukur beda tekanan antara pipa isap dengan pipa tekan, satuannya adalah meter.

$$H = \frac{\Delta P}{\rho_{\text{fluida}} \times g} \quad (4)$$

Dimana:

ΔP = Selisih antar tekanan *discharge* dan tekanan *suction*

ρ_{fluida} = Massa Jenis (Kg/m^3)

g = Gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

Sedangkan efisiensi pompa (η) dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_{\text{pompa}} = \frac{WHP}{BHP} \times 100 \quad (5)$$

Penelitian ini menggunakan perbandingan hasil data *design* dan data aktual pada pompa sentrifugal, dimana data *design* adalah data *start up* atau data awal pada saat pompa ini pertama dihidupkan, data – data itu kemudian dibandingkan dengan menggunakan grafik garis dan grafik batang lalu diperoleh hasil performa aktual tertinggi, apakah melebihi komisioning atau kurang dari komisioning.

2. Metodologi

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di PT. Pupuk Kaltim Bontang Kalimantan Timur selama 2 bulan. Sedangkan waktu pengambilan data dan penelitian dilaksanakan pada tanggal 18 Oktober 2018 s/d 4 Desember 2018.

2.2. Studi Pustaka

Merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan mengambil data atau keterangan dari buku *literature* di perpustakaan, internet ataupun di lapangan. Kelebihan dari studi pustaka ini adalah peneliti dapat memperoleh banyak sumber tanpa perlu biaya, tenaga dan waktu, akan tetapi dibutuhkan waktu untuk mencari buku yang relevan agar dapat dipakai sebagai sumber perolehan data dalam penelitian tersebut.

2.3. Penelitian Lapangan

Tahap ini diperlukan kunjungan lapangan untuk dapat melakukan proses pengambilan data, gambar dan juga berdiskusi dengan bagian *maintenance crew* yang secara langsung bekerja pada unit pompa.

2.4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan data yang didapatkan selama melakukan kunjungan lapangan. Data ini kemudian diolah dan dianalisa untuk mendapatkan hasil pada penelitian ini.

2.5. Spesifikasi Pompa

Berdasarkan hasil pengumpulan data dilapangan maka diperoleh data-data yang diperlukan untuk analisis dalam penelitian ini. Berikut adalah Tabel spesifikasi pompa sentrifugal yang ditampilkan dalam Tabel 1, dibawah ini.

Tabel 1. Spesifikasi pompa sentrifugal merk: Shin Nippon

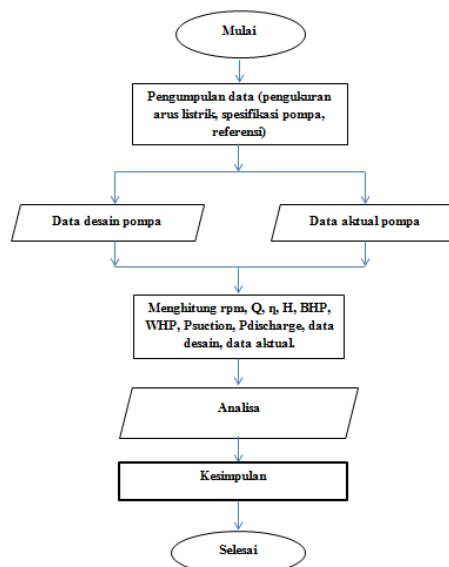
No.	Variabel yang di ukur	Nilai	Satuan
1.	Daya	193	HP
2.	Kapasitas	108	m ³ /h
3.	Tegangan	144	kW
4.	Specific Gravity	1,27	-
5.	Head Max	380	M
6.	Kecepatan putar	3600	Rpm
7.	Suction Pressure	0,54	Kg/cm ² G
8.	Discharge Pressure	36,87	Kg/cm ² G
9.	Fluid name	-	Lean benfield solution
10.	Massa Jenis Fluida	1270	Kg/m ³

2.6. Pengambilan Data

Proses pengambilan data secara studi pustaka dilakukan di *Control Room* Pabrik 2 milik PT. Pupuk Kalimantan Timur, Bontang. Sementara proses pengambilan data dilapangan dilakukan di *mechanic room* Pabrik 2 PT.Pupuk Kalimantan Timur yang berada di Bontang. Pengambilan data dilakukan melalui kunjungan lapangan antara tanggal 18 Oktober – 4 Desember 2018, dimana data itu akan digunakan untuk bahan Analisa *Performance* Pompa Item 108 – JA di Unit 2 PT. Pupuk Kalimantan Timur.

2.7. Diagram Alir

Diagram alir dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 1, proses penelitian dimulai dengan pengumpulan data kemudian membandingkan antara data aktual pompa dengan data komisioning. Menentukan performansi pompa dengan menghitung variabel-variabel terkait, kemudian menganalisa hasil dari perhitungan yang telah dilakukan. Langkah terakhir adalah menarik kesimpulan dari hasil analisa yang diperoleh.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengumpulan data diperoleh data komisioning dari pompa sentrifugal sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2. Data-data ini diperoleh pada saat *star up* pompa ketika pompa dioperasikan pada waktu pertamakali. Data komisioning ini dipergunakan sebagai data pembandingan seberapa besar penurunan performa yang terjadi hingga saat ini.

Tabel 2. Data komisioning pompa sentrifugal

No.	Data	Speed (rpm)	Debit (m ³ /hr)	Discharge Pressure (kg/cm ²)	Suction Pressure (kg/cm ²)	Selisih tekanan (Δp)	Head (m)	BHP (kW)	WHP (kW)	Efisiensi pompa (%)
1.	Komisioning	3600	108	36,87	0,54	36,33	286	144	122	78

Untuk spesifikasi fluida yang digunakan sebagai fluida kerja ditunjukkan pada Tabel 3. Adapun fluida yang digunakan adalah Lean benfield solution yang speifikasinya ditampilkan secara lengkap pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Spesifikasi Fluida Lean benfield solution

No.	Fluid name	Specific gravity (m/s ²)	Viscosity (m ² /s)	Suction temperatur (C)
1.	Lean benfield solution	1,27	1019	74

Data aktual pada perhitungan minggu pertama, di awali dengan perhitungan *Pressure Total (Δp)* pada minggu pertama sebagai berikut:

Pressure Total (ΔP)

$$\Delta P = P. Disch - P. Suct$$

Dimana

$$\Delta P = \text{Tekanan Total (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P. Disch = \text{Tekanan Masuk (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P. Suct = \text{Tekanan keluar (kg/cm}^2\text{)}$$

Sehingga,

$$\Delta P = P. Disch - P. Suct$$

$$\Delta P = 35,5 \text{ kg/cm}^2 - 0,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta P = 34,8 \text{ kg/cm}^2$$

Berikut adalah data *Head* pada minggu pertama :

Head

$$H = \frac{\Delta P}{\rho_{Lean Benfield}}$$

$$H = \frac{34,8 \text{ kgf/cm}^2}{1270 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H = \frac{3412714 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}}{1270 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$H = \frac{3412714}{12446 \text{ m}}$$

$$H = 274 \text{ m}$$

*) : Satuan tekanan di konversi menjadi Pascal. 1 kgf = 98066,5 Pa

Berikut adalah data *Daya Hidrolisis* pada minggu pertama:

Daya Hidrolisis (WHP)

$$WHP = \rho \times g \times H \times Q$$

$$WHP = 1270 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 274 \text{ m} \times \frac{89}{3600} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$WHP = 84307,821 \text{ watt}$$

$$WHP = 84307,821 \times 1000$$

$$WHP = 84 \text{ kW}$$

Berikut adalah data *Daya Poros* pada minggu pertama

Daya Poros (BHP)

$$BHP_{\text{minggu1}} = BHP_{\text{design}} \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3$$

$$BHP_{\text{minggu1}} = 144 \text{ kW} \left(\frac{3350}{3600} \right)^3$$

$$BHP_{\text{minggu1}} = 116 \text{ kW}$$

Berikut adalah data *Effisiensi Pompa* pada minggu pertama

Effisiensi Pompa

$$\eta_{pompa} = \frac{WHP}{BHP} \times 100$$

$$= \frac{84 \text{ kW}}{116 \text{ kW}} \times 100$$

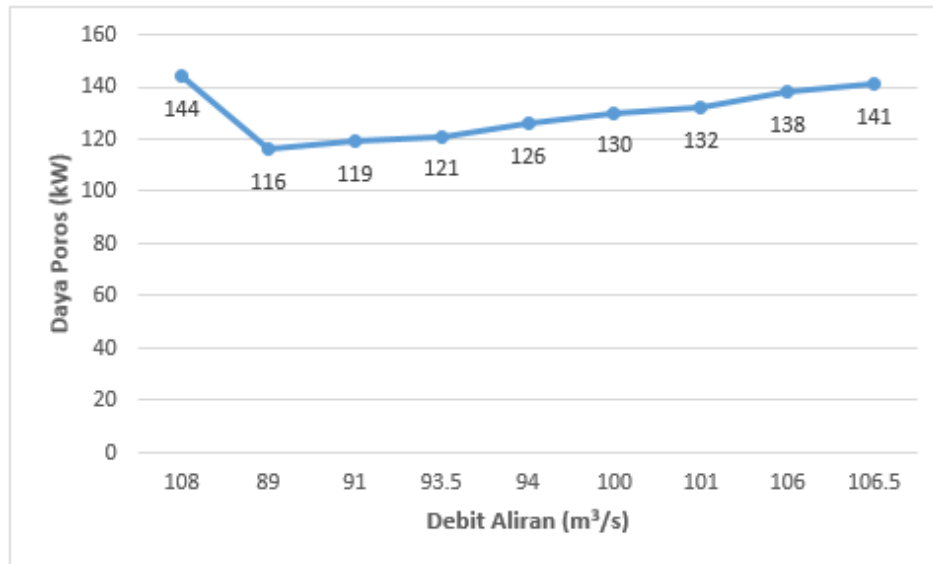
$$= 72 \%$$

Untuk tujuh minggu selanjutnya cara perhitungannya adalah sama seperti contoh perhitungan diatas. Hasil perhitungan pada tujuh minggu selanjutnya ditampilkan pada Tabel 4, Sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil perhitungan performa pompa sentrifugal

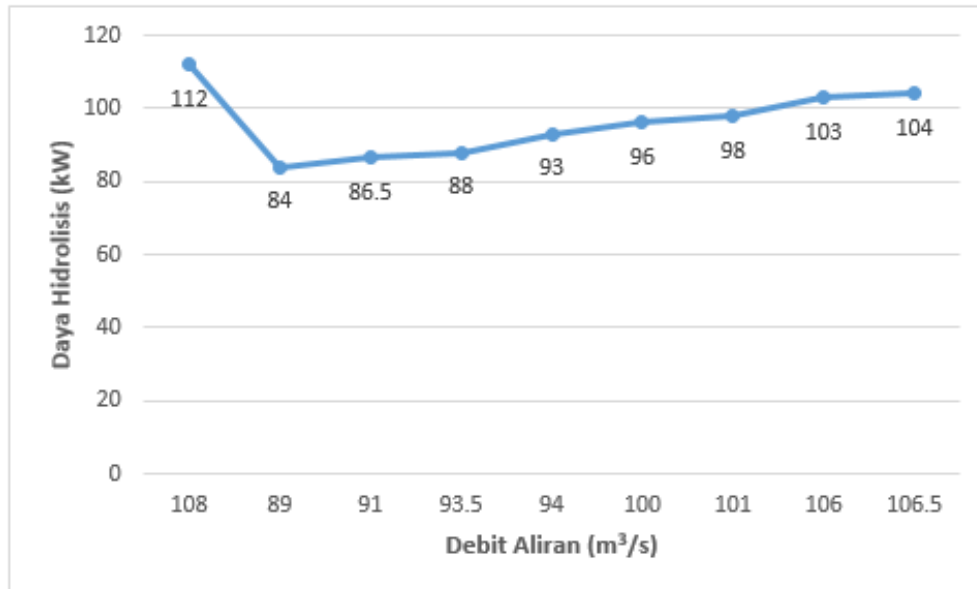
No.	Data	Speed (rpm)	Debit (m ³ /hr)	Pressure Discharge (kg/cm ²)	Pressure Suction (kg/cm ²)	Selisih tekanan (kg/cm ²)	Head (m)	BHP (kW)	WHP (kW)	Effisiensi (%)
1.	Komisioning	3600	108	36,87	0,54	36,33	286	144	112	78
2.		3350	89	35,5	0,7	34,8	274	116	84	72
3.		3380	91	35,8	0,9	34,9	275	119	86,5	72,5
4.	Bulan	3400	93,5	36	1	35	275	121	88	72,7
5.	Nopember-	3450	94	36,5	1,2	35,3	277	126	93	73
6.	Desember	3480	100	36,7	1,2	35,5	279	130	96	73,8
7.	2018	3500	101	37	1,3	35,7	281	132	98	74,2
8.		3550	106	37,2	1,4	35,8	282	138	103	74,6
9.		3560	106,5	37,4	1,4	36	283	141	104	74,8

Dari hasil perhitungan diperoleh grafik perbandingan antara nilai daya poros, daya hidrolisis dan efisiensi dengan debit aliran pada pompa sentrifugal *Lean Benfield Solution* adalah sebagai berikut :



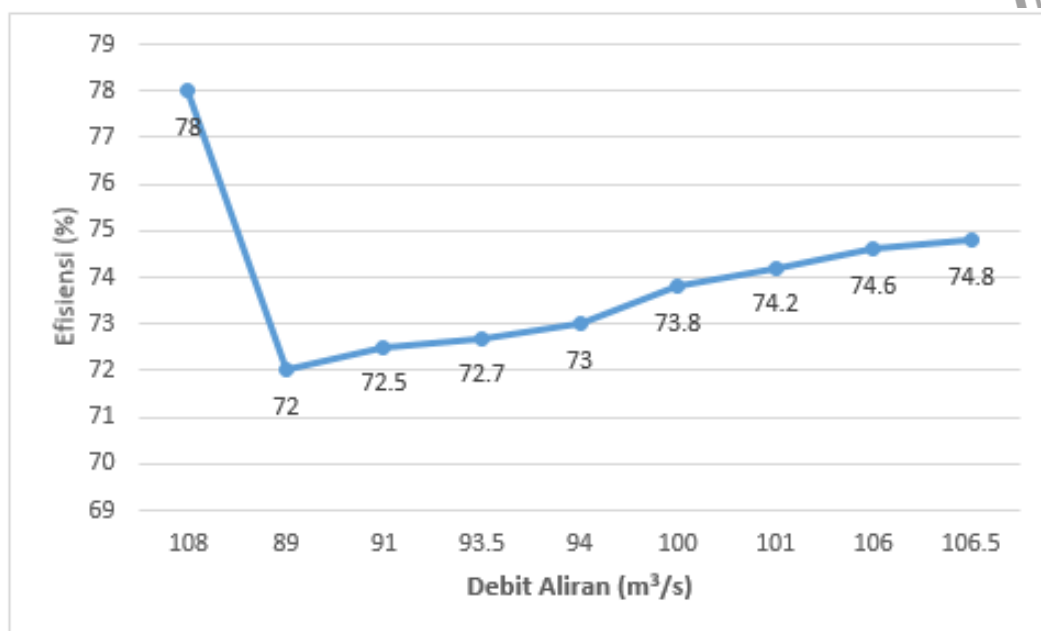
Gambar 2. Grafik hubungan antara debit aliran terhadap daya poros

Gambar 2, menunjukkan grafik hubungan antara debit aliran terhadap daya poros. Grafik ini menunjukkan bahwa semakin besar debit yang dihasilkan semakin besar juga daya poros pompa yang dibutuhkan. Debit berpengaruh terhadap kapasitas aliran fluida yang dihasilkan hal ini berpengaruh terhadap kerja pompa, kecepatan spesifik, daya dan efisiensi pompa [10]. Pada debit kecil maka daya poros yang dibutuhkan juga kecil, sedangkan untuk debit yang tinggi daya poros yang dibutuhkan juga meningkat. Hasil perhitungan debit terendah adalah 89 m³/s dengan daya poros 116 kW, debit tertinggi 106.5 m³/s pada daya poros 141 kW. Jika dibandingkan data saat komisioning maka data aktual lebih rendah, tetapi masih dalam kategori tidak menyimpang terlalu jauh.



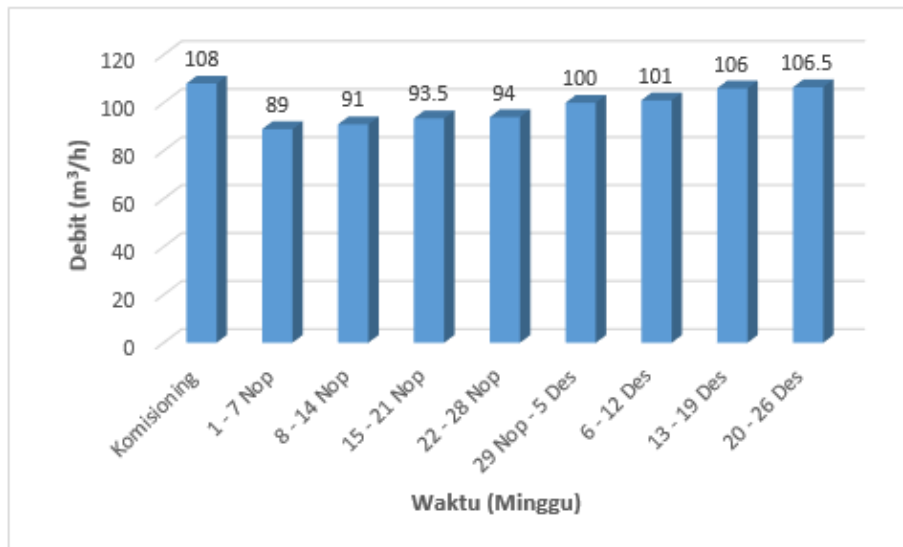
Gambar 3. Grafik hubungan antara debit aliran terhadap daya hidrolisik

Gambar 3, menunjukkan grafik hubungan antara debit aliran terhadap daya hidrolisik. Hasil ini menunjukkan semakin besar debit yang dihasilkan semakin besar juga daya Hidrolisis yang dibutuhkan. Pada debit terendah daya hidrolisnya adalah 89 m³/s sedangkan pada debit tertinggi daya hidrolisnya adalah 104kW. Hasil perhitungan ini menunjukkan seluruh daya hidrolisnya berada dibawah daya hidrolis saat komisioning.



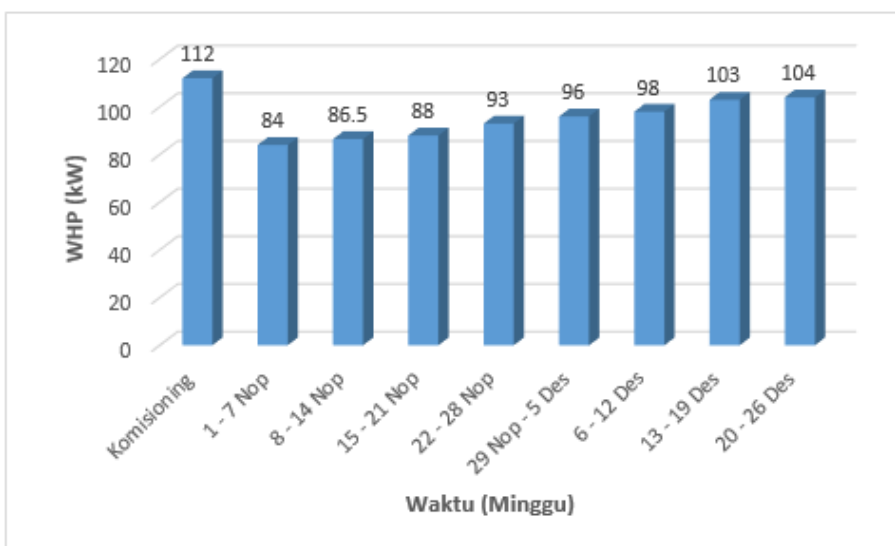
Gambar 4. Grafik hubungan antara debit terhadap efisiensi

Gambar 4, menunjukkan grafik hubungan antara debit terhadap efisiensi pompa. Gambar 6 menunjukkan bahwa hubungan antara debit pompa terhadap efisiensi, dapat diketahui menunjukkan perbandingan lurus antara debit terhadap efisiensi, nilai efisiensi tertinggi 74,8 % pada debit 106,5 m³/s. Hasil pengujian ini didukung oleh hasil penelitian [6] yang menyatakan efisien berbanding lurus dengan debit aliran, sementara head total berbanding terbalik dengan debit aliran. Grafik 6, menunjukkan ternyata peningkatan efisiensi pompa ketika debitnya meningkat dari 89 m³/s hingga 106.5 m³/s dengan nilai efisiensinya 72-74,8%.



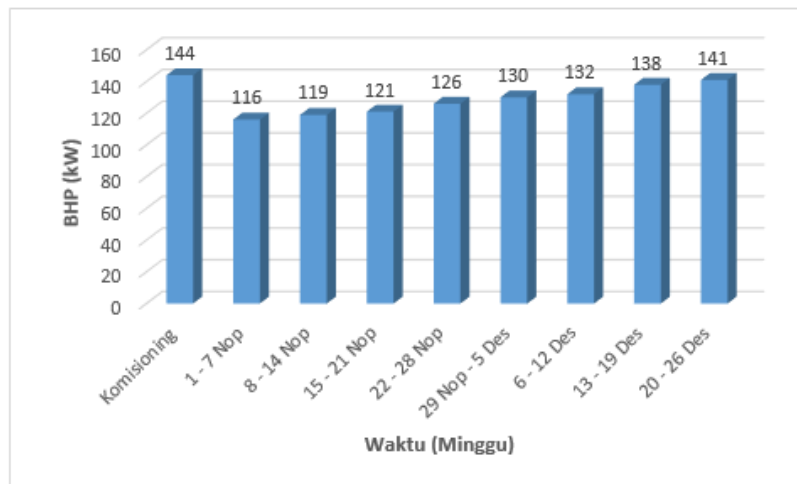
Gambar 5. Grafik hubungan antara data aktual dan komisioning terhadap debit

Gambar 5, menunjukkan grafik hubungan antara data aktual dan komisioning terhadap debit. Pada tanggal 1 November – 26 Desember 2018, didapat nilai debit komisioning 108 m³/h , sedangkan untuk debit minggu pertama sampai ke tujuh adalah 89, 91, 93.5, 94, 100, 101, 106, 106.5 m³/s secara berurutan lebih rendah daripada data komisioningnya.



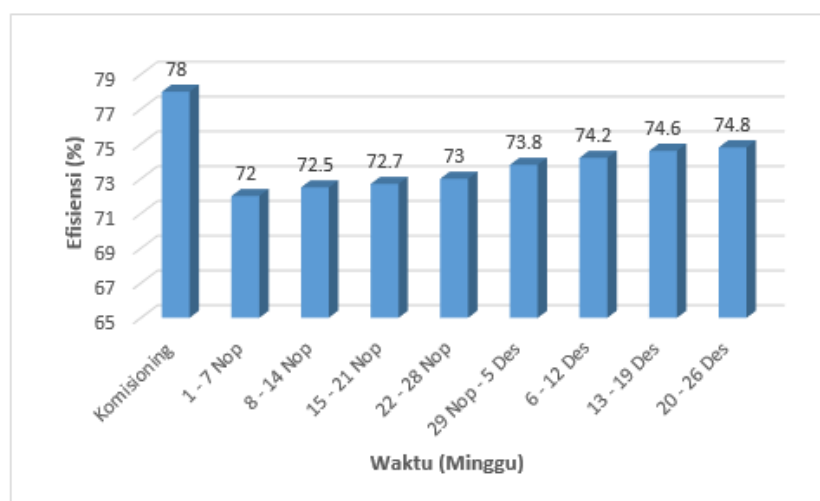
Gambar 6. Grafik hubungan antara data aktual dan komisioning terhadap daya hidrolis (WHP)

Gambar 6, menunjukkan hubungan antara data aktual dan komisioning terhadap daya hidrolis. Data WHP (kW) di ambil pada tanggal 1 November – 26 Desember 2018, dimana didapat nilai debit komisioning sebesar: 144 (kW) , sedangkan untuk WHP (kW) minggu pertama sampai ke tujuh masing-masing adalah 116, 119, 121, 126, 130, 132, 138, 141 kW secara berurutan lebih rendah daripada data komisioningnya.



Gambar 7. Grafik hubungan antara data aktual dan komisioning terhadap daya poros (BHP)

Gambar 7, menunjukkan grafik hubungan antara data aktual dengan terhadap daya poros. Data komisioning WHP (kW) di ambil pada tanggal 1 November – 26 Desember 2018, dengan nilai debit komisioning 112 (kW) , sedangkan untuk WHP (kW) minggu pertama sampai ke tujuh adalah 84, 86.5, 88, 93, 96, 98, 103, 104 kW secara berurutan lebih rendah daripada data komisioningnya.



Gambar 8. Grafik hubungan antara data aktual dan komisioning terhadap efisiensi

Gambar 8, menunjukkan grafik hubungan antara data aktual dan komisioning terhadap efisiensi. Data Efisiensi di ambil pada tanggal 1 November – 26 Desember 2018, dengan nilai debit komisioning 144 (kW) , sedangkan untuk Efisiensi minggu pertama sampai ke tujuh adalah 72, 72.5, 72.7, 73, 73.8, 74.2, 74.6, 74.8% secara berurutan lebih rendah daripada data komisioningnya. Secara keseluruhan penyebab terjadinya peningkatan BHP adalah disebabkan oleh modifikasi *impeller* dan *wearing ring*.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut: Hubungan antara debit dengan daya poros pompa adalah: semakin besar debit yang dihasilkan semakin besar juga daya poros pompa yang dibutuhkan, Hubungan antara debit terhadap daya hidrolisis adalah: semakin besar debit yang dihasilkan semakin besar juga daya hidrolisis yang dibutuhkan, hubungan antara debit terhadap efisiensi adalah debit berbanding lurus terhadap efisiensi,

Daftar Pustaka

- [1] Sucipriadi, CA. Optimalisasi Sistem Perwatan Pompa Sentrifugal Di Unit Utility : Fakultas Teknologi dan Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional. 2016.
- [2] Rachmat Subagyo, Muchsin, Rezky Aulia. Analisis Karakteristik Pompa Sentrifugal dengan Sistem Seri dan Paralel, Jurnal Teknologi Technoscintia, ISSN: 1979-8415 Vol. 5 No. 2 Agustus 2013. 2013.

- [3] Adam Hafizar Pohan. PENGUJIAN EKSPERIMENTAL DAN SIMULASI ANSYS PERFORMANSI POMPA SENTRIFUGAL RANGKAIAN SERI DAN PARALEL, *Jurnal Sistem Teknik Industri*, Vol. 20 No. 2, Juli 2018 ISSN 1411 – 5247. 2018.
- [4] Muhammad Riza Hidayat, Muhammad Firman, Muhammad Suprpto. ANALISA TEKANAN DAN EFISIENSI PADA POMPA AIR SENTRIFUGAL DENGAN RANGKAIAN SERI, *Jurnal Teknik Mesin UNISKA* Vol. 03 No. 02 November 2018. 2018.
- [5] Rachmat Subagyo. Kaji Eksperimental Koefisien Kerugian Pada Percabangan Pipa Dengan Sudut 45°, 60° dan 90°, *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 9 No.2, Agustus 2012 (144 – 150). 2012.
- [6] Siti zahara Nuryanti, Ratih Diah Andayani, Nopian. ANALISA PERFORMANSI POMPA SENTRIFUGAL DENGAN VARIASI KECEPATAN PUTARAN MESIN DAN DEBIT ALIRAN, *TEKNIKA: Jurnal Teknik e-ISSN 2686-5416 VOL. 6 NO. 2 p-ISSN 2355-3553*. 2017.
- [7] Sigit Nugroho, Wibawa .E.J, Dwi Aries Himawanto. PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA DAN KAVITASI POMPA SENTRIFUGAL, *MEKANIKA* Volume 12 Nomor 2, Maret 2014. 2014.
- [8] Puji Saksono. ANALISIS EFISIENSI POMPA *CENTRIFUGAL* PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR KAMPUNG DAMAI BALIKPAPAN, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Balikpapan. 2015.
- [9] Eflita Yohana, Khaerul Amri Ardhelas, Fatih Khamdani. Analisis Performansi Pompa Sentrifugal Terhadap Kapasitas *Crude Oil-Water Flow*, *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV Universitas Gadjah Mada (UGM)*, Yogyakarta, 16-17 Oktober 2012. 2012.
- [10] BENDRIS HUTABARAT. ANALISIS UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL DENGAN VARIASI HEAD, JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN 2019. 2019.

