

ANALISIS VARIASI BUKAAN *OUTPUT VALVE* POMPA SENTRIFUGAL BERTINGKAT TERHADAP NILAI GETARAN, EFISIENSI DAN KAVITASI

Puji Saksono^{1,a*}, Suherna^{2,b}, Budha Maryanti^{3,c}, Erdin Hidayah^{4,d}

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan
Jl. Pupuk Raya Balikpapan. Telp./Fax. 0542-764205

^{a*}pujisaksono@uniba-bpn.ac.id, ^bsuherna@uniba-bpn.ac.id, ^cbudhamaryanti@uniba-bpn.ac.id, ^derdinhidayah@gmail.com

Abstrak

Pada saat ini kebutuhan pompa dibidang industri sangat dibutuhkan untuk membantu meningkatkan produktivitas, salah satunya adalah jenis pompa *Centrifugal Vertical multistage pump*. Dalam pengoperasian pompa dapat terjadi berbagai masalah yang menimbulkan kerusakan, salah satunya disebabkan oleh getaran akibat variasi bukaan *valve* sesuai dengan penggunaan atau kebutuhan di lapangan. Getaran pompa dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bantalan, timbulnya noise, penurunan kapasitas hingga penurunan nilai efisiensi. Penelitian dilakukan pada bulan Pebruari s/d Juni 2022 di PT. Borneo Rotating Pratama Balikpapan dan PT. PLN UBJOM TELUK KM 13 Balikpapan. Hasil pengujian saat pompa beroperasi. dan perhitungan didapatkan bahwa pada output valve sebesar 25% diperoleh nilai vibrasi ($H = 5,08$; $V = 5,04$; $A = 5,34$) dengan nilai $N_h = 4.824,54$ Watt; $N_p = 7.418$ Watt dan efisiensi pompa = 65,03%. Pada output valve sebesar 50% diperoleh nilai vibrasi ($H = 2,32$; $V = 2,10$; $A = 2,50$) dengan nilai $N_h = 6.427,82$ Watt; $N_p = 8.382,35$ Watt dan efisiensi pompa = 76,67%. Sedangkan pada output valve sebesar 75% diperoleh nilai vibrasi ($H = 0,27$; $V = 0,12$; $A = 0,55$) dengan nilai $N_h = 8.074,96$ Watt; $N_p = 10.058,82$ Watt dan dengan nilai efisiensi pompa sebesar 80,27%.

Kata kunci: Variasi bukaan *output valve*, getaran, efisiensi pompa

Abstract

At this time, the need for pumps is very needed to help the industry increase productivity, one of them is the type of Vertical centrifugal multistage pump. In the operation of the pump can occur various problems that cause damage, one of them is caused by vibration due to variation of the valve opening according to the use or needs in the field. The pump vibration can result in damage to the beams and pads, noise, reduced capacity to reduce efficiency values. The study was conducted from February to June 2022 in PT. Borneo Rotating Pratama Balikpapan and PT. PLN UBJOM TELUK KM 13 Balikpapan. The results of the test when the pump is in operation and the calculation was obtained that at the output of the valve of 25% the vibration value ($H = 5,08$; $V = 5,04$; $A = 5,34$) with the value of $N_h = 4,824,54$ Watt; $N_p = 7,418$ Watt and pump efficiency = 65,03%. At a 50% valve output, the vibration value is obtained ($H = 2.32$; $V = 2.10$; $A = 2.50$) with a value of $N_h = 6.427,82$ Watt; $N_p = 8.382,35$ Watt and pump efficiency = 76.67%. At the valve output of 75% is obtained a vibration value ($H = 0.27$; $V = 0.12$; $A = 0.55$) with a value of $N_h = 8.074,96$ Watt; $N_p = 10.058,82$ Watt and with a pump efficiency value of 80,27%.

Key words: Variation of valve output opening, vibration, pump efficiency

PENDAHULUAN

Pada saat ini kebutuhan pompa dibidang industri sangat dibutuhkan untuk membantu meningkatkan produktivitas salah satunya adalah jenis *Centrifugal Vertical multistage pump* atau pompa sentrifugal vertical bertingkat. Dalam pengoperasian pompa dapat terjadi berbagai masalah yang menimbulkan kerusakan, salah satunya disebabkan oleh getaran atau vibrasi. Getaran dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bantalan, timbulnya *noise*, penurunan kapasitasn, hingga penurunan efisiensi dari pompa tersebut. Analisa dari getaran yang timbul merupakan salah satu faktor pendukung untuk meminimalisir terjadinya kerusakan berlebih pada pompa. Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu untuk menganalisa dari variasi bukaan *output valve* (katup keluar) pompa sentrifugal bertingkat yang akan menimbulkan seberapa besar nilai getaran dan otomatis berpengaruh juga terhadap efisiensi pompa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai efisiensi *Centrifugal Vertical multistage pump* akibat dari nilai getaran yang berubah akibat dari variasi bukaan *output valve* pompa. saat pemakaian.

TINJAUAN PUSTAKA

Pompa

Pompa adalah alat untuk memindahkan fluida dari tempat satu ketempat lainnya yang bekerja atas dasar mengkonversikan energi mekanik menjadi energi kinetik. Energi mekanik yang diberikan alat tersebut digunakan untuk meningkatkan kecepatan, tekanan atau elevasi (ketinggian). Definisi pompa menurut pompa adalah [Sularso, 2004] suatu peralatan mekanis yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain, melalui suatu media pipa dengan cara menambahkan energi pada fluida cair

tersebut secara terus menerus. Energi tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran cairan tersebut. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan suatu tekanan, perbedaan tinggi atau hambatan gesek. Pada sisi hisap (*suction*) elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan fluida yang dihisap. Akibatnya fluida akan mengalir keruang pompa oleh elemen pompa fluida ini akan didorong atau diberikan tekanan sehingga fluida akan mengalir ke dalam saluran tekanan (*discharge*) melalui lubang tekan. Proses kerja ini berlangsung secara terus menerus selama pompa beroperasi. Perpindahan zat cair dapat terjadi menurut arah komponen-komponen secara mendatar maupun tegak. Perpindahan zat cair yang tegak lurus yang diakibatkannya karena adanya perbedaan tinggi antara permukaan isap dan permukaan tekan, maka hambatan-hambatannya harus diatasi.

Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah sebuah jenis pompa yang populer digunakan dalam dunia industri. Pompa ini termasuk dalam jenis pompa kerja dinamis atau *non positive displacement*. Pompa sentrifugal sendiri memiliki prinsip kerja yang mengubah energi kinetis yang berawal dari kecepatan aliran sebuah fluida menjadi energi potensial atau energi dinamis. Fluida tersebut mengalir melalui *impeller* yang berputar di dalam *casing* pompa. Sifat dari hidrolis pompa ini adalah memindahkan energi yang terdapat pada daun (baling-baling) pompa dengan memakai dasar pengubahan arah aliran atau yang juga disebut dengan *fluid dynamics*. Kapasitas yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal selalu sebanding dengan putaran. Total head atau tekanan yang dihasilkan oleh

pompa sentrifugal akan sebanding dengan pangkat dua dari kecepatan putaran. Sedangkan konstruksi pompa sentrifugal bisa satu tingkat atau banyak tingkat (*multistage pump*). [Sularso, 2004]

Pengertian Vibrasi

Getaran atau vibrasi adalah gerak bolak-balik atau gerak osilasi dari suatu benda yang mempunyai massa dan mempunyai elastisitas seperti system pegas massa. Getaran atau vibrasi yang terjadi karena rangsangan gaya luar disebut getaran paksa. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi *natural* sistem maka akan didapat keadaan resonansi, dan *osilasi* besar yang berbahaya mungkin terjadi. Vibrasi atau getaran yang ditimbulkan oleh peralatan yang berputar antara lain: motor, pompa, *fan* dan sejenisnya akan memberikan petunjuk tentang kondisi dari peralatan tersebut, apakah berada dalam kondisi yang baik ataukah sebaliknya. [A. Hamid, 2012].

Head total pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g} \text{ [Sularso, 2004]} \tag{1}$$

Di mana:

- H = Head total pompa (m)
- h_a = Head statis total (m). Head ini adalah perbedaan tinggi antara muka air disisi keluar dan disisi isap, tanda positif (+) dipakai apabila muka air di sisi ke luar lebih tinggi dari pada sisi isap.
- Δh_p = Beda head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m); $\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1}$
- h_l = Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m); $h_l = h_{ld} + h_{ls}$
- $\frac{v^2}{2g}$ = Head kecepatan keluar (m)

g = Percepatan gravitasi ($9,8m/s^2$)

Daya hidrolis

Daya hidrolis merupakan daya yang digunakan untuk memindahkan fluida dan dihitung sebesar:

$$N_h = \rho g Q H_{total} \tag{2}$$

Dimana :

- N_h = Daya hidrolis (watt)
- ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)
- g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
- Q = Debit aliran (m^3/s)

Daya motor

Daya motor adalah daya listrik yang dibutuhkan pompa untuk menggerakkan poros pompa. Daya yang digunakan oleh pompa adalah:

$$N_p = V I \tag{3}$$

Dimana :

- N_p = Daya motor (watt)
- V = Tegangan (volt)
- I = Arus listrik (watt)

Efisiensi Pompa

Effisiensi adalah perbandingan kerja berguna dengan kerja yang dibutuhkan mesin. Efisiensi pompa merupakan rasio atau perbandingan antara daya hidrolis dengan daya motor, untuk menghitung efisiensi dapat digunakan rumus berikut:

$$\eta_p = \frac{N_h}{N_p} \times 100\% \tag{4}$$

Dimana :

- η_p = Efisiensi pompa (%)
- N_h = Daya hidrolis (watt)
- N_p = Daya motor (watt)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif, yaitu melakukan observasi dan pengambilan data terhadap objek penelitian ketika pompa beroperasi.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa *vibration analyzer* untuk mengambil data vibrasi dan peralatan *workshop* lainnya (*micrometer outside, vernier caliper, bore gauge, dial gauge*, dan lain sebagainya).



Gambar 1. *Centrifugal Vertical multistage pump* dan motor penggerak
 Sumber: PT. Borneo Rotating Pratama dan PT. PLN UBJOM TELUK KM 13 Balikpapan

Pompa *vertical multistage* yang telah dilakukan *overhaul* dan dilakukan pemasangan di site, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Pompa

No.	Spesifikasi unit pompa	Nilai dan Satuan
1	<i>Flow rate max</i>	2400 m ³ /h
2	<i>Flow rate min</i>	8 m ³ /h
3	<i>Head</i>	160 m
4	<i>Frequencies</i>	50 hz, 60 hz
5	<i>Voltage</i>	230 V, 400 V, 460 V
6	<i>Pressure</i>	16 bar
7	<i>Temperature</i>	105°C
8	<i>Motor</i>	1500 rpm

Sumber: *Manual book, Centrifugal Vertical multistage pump*

Vibration analyzer SKF Microlog gx Series (Cmx 75), untuk melakukan pengambilan data berupa *vibrasi* dari

hasil *commissioning* pompa *Centrifugal Vertical multistage pump*.



Gambar 2. *Vibration Analyzer SKF Microlog gx Series (Cmx 75)*
 Sumber: PT. Borneo Rotating Pratama dan PT. PLN UBJOM TELUK KM 13 Balikpapan

Variabel penelitian

1. Variabel bebas
 - Buka *Output valve* sebesar 25%, 50%, dan 75%
2. Variabel terikat
 - Nilai *vibrasi* (mm/s)
 - Performansi pompa:
 - Head (H) m
 - Kapasitas (Q) m³/s
 - Efisiensi (η) (%)
3. Variabel kontrol
 - Putaran motor penggerak 1500 rpm

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Pada pengujian unjuk kerja pompa ini, yang akan dilakukan adalah pengambilan data berupa *output valve* dibuka sebesar 25%, 50%, dan 75% serta besaran nilai *vibrasi* masing-masing pada besaran *output valve*.

Tabel 1. Data pompa dan sistem perpipaan

No.	<i>Output valve open</i> (%)	Head statis h_a (m)	\varnothing Diameter pipa (m)	Massa jenis fluida ρ (kg/m ³)	Panjang Pipa keseluruhan (m)	Nilai Formula Hazen-William C
1	25	60	0,1	1000	900	120
2	50	60	0,1	1000	900	120
3	75	60	0,1	1000	900	120

Catatan: Data diperoleh dari kondisi dan instalasi sitem perpipaan yang sudah terpasang di perusahaan tersebut.

Analisis dan Perhitungan

Tabel 2. Hasil pengujian dan perhitungan

<i>Output valve open</i> (%)	Head total pompa (m)	Debit / Kapasitas Q (m ³ /s)	Nilai <i>Vibrasi</i> (mm/s)	Daya hidrolis Nh (Watt)	Daya motor Np (Watt)	Efisiensi pompa (%)
25	65,590	0,0075	H = 5,08 V = 5,04 A = 5,34	4.824,54	7.418,00	65,03
50	65,644	0,0100	H = 2,32 V = 2,10 A = 2,50	6.427,82	8.382,35	76,67
75	65,918	0,0125	H = 0,27 V = 0,12 A = 0,55	8.074,96	10.058,82	80,27

Catatan: Batasan range nilai vibrasi adalah 2,5 mm/s - 12 mm/s berdasarkan tabel standard vibrasi ISO 10816-3

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada output valve sebesar 25% Diperoleh nilai Nh 4.824,54 Watt dan nilai Np 7.418,00 Watt dengan nilai unjuk kerja pompa sebesar 65,03%, pada output valve sebesar 50% Diperoleh nilai Nh 6.427,82 Watt dan nilai Np 8.382,35 Watt dengan nilai unjuk kerja pompa sebesar 76,67%, pada output valve sebesar 75% diperoleh nilai Nh sebesar 8.074,96 Watt dan nilai Np sebesar 10.058,82 Watt dengan nilai unjuk kerja pompa sebesar 80,27%.

Dengan demikian dari hasilnya dapat disimpulkan bahwa pada output

valve sebesar 75% mengalami peningkatan performansi baik nilai head total, kapasitas dan efisiensi karena nilai vibrasi pada output valve 75% lebih kecil dibandingkan dengan output valve pada 25% dan 50%. Pompa akan bekerja lebih maksimal ketika output valve dibuka lebih besar.

Pada output valve sebesar 25% mengalami vibrasi yang besar karena kecepatan aliran yang dihasilkan oleh pompa yang mengenai gate valve yang memicu terjadinya by pass aliran yang dihasilkan, sehingga pada pompa terjadi vibrasi dengan nilai yang sangat besar dan pastinya mengurangi performansi pada pompa.

Tabel 3. Hasil pengujian dan perhitungan *Net Positive Suction Head* (NPSH)

No.	<i>Output valve open</i> (%)	NPSH tersedia (m)	NPSH diperlukan (m)
1	25	4,82	4,44
2	50	4,67	4,33
3	75	3,08	3,00

Tabel di atas menunjukkan bahwa untuk setiap variasi bukaan masing-masing output valve pada saat pompa sedang running, pompa tidak mengalami kavitasi karena pada masing masing output valve nilai NPSH yang tersedia lebih besar dari pada nilai NPSH yang diperlukan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data hasil pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan terhadap kondisi output valve sebesar 25%, 50%, dan 75%. Vibrasi ditimbulkan akibat dari bukaan output valve yang kecil sehingga aliran yang mengalir dengan cepat menghasilkan by pass. Menambah besar bukaan output valve dapat mempengaruhi performansi pompa dilihat dari nilai pada head total, kapasitas dan efisiensi.

Hasil pengujian dan perhitungan didapatkan bahwa pada output valve sebesar 25% diperoleh nilai vibrasi ($H = 5,08$; $V = 5,04$; $A = 5,34$) dengan nilai $N_h = 4.824,54$ Watt; $N_p = 7.418$ Watt dan efisiensi pompa = 65,03%. Pada output valve sebesar 50% diperoleh nilai vibrasi ($H = 2,32$; $V = 2,10$; $A = 2,50$) dengan nilai $N_h = 6.427,82$ Watt; $N_p = 8.382,35$ Watt dan efisiensi pompa = 76,67%. Sedangkan pada output valve sebesar 75% diperoleh nilai vibrasi ($H = 0,27$; $V = 0,12$; $A = 0,55$) dengan nilai $N_h = 8.074,96$ Watt; $N_p = 10.058,82$ Watt dan dengan nilai efisiensi pompa sebesar 80,27%..

REFERENSI

- [1] A. Hamid. 2012. Praktikal Vibrasi Mekanik: teori dan praktik. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [2] A. Wahyudi, Y. and S. 2021. Analisa Sinyal Vibrasi Untuk Mendeteksi Kerusakan Pada Condensate Pump di PLTU AIR ANYIR BANGKA. in Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan.
- [3] H. M. Baringbing and H. Mulfi. 2013. Analisa Kerusakan Pompa Vertikal Tipe TAIT Model 15 BCH-3 Dengan Kapasitas 150 L/S di PDAM Tirtanadi Sunggal. Journal e-Dinamis, pp. 56-60.
- [4] K. Warsa, E. Megawati and D. Ariyani. 2018. Analisis Unjuk Kerja Pompa P-01 di Unit SWD Plant (Studi Kasus di PT Pertamina RU V Balikpapan). Jurnal Chemurgy, vol. II, no. 02, pp. 25-29.
- [5] P. Busono and S. Pujiarta. 2021. Analisis Penyebab Terjadinya Vibrasi Pada Pompa Sistem Pendingin Sekunder PA-02 AP 001. Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, vol. XVIII, no. 1, pp. 40-50.
- [6] Sularso dan H. Tahara. 2004. Pompa dan Kompresor. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.