



Analisis Performansi Pompa Offloading 50-PA-4501A pada Anjungan Main Stupa

Puji Saksono¹, Akhmad Nurdin², Gilang Aditya³

^{1, 2, 3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Balikpapan

¹pujisaksono@uniba-bpn.ac.id, ²akhmad.nurdin@uniba-bpn.ac.id, ³gilang.aditya11@gmail.com

Abstract

The activities of gas well exploitation have some problems. One of the problems is the amount of liquid (water) in the tubing column which obstructing the gas production. One of the ways to overcome the problem is to offload activity. One of the important equipment during offload activities is the offloading pump. An offloading pump is used to transfer liquid (water) from the well that has been collected in a vessel to the trunkline. This study aims to see the changes in the performance of the offloading pump between the initial conditions according to the manufacturer's specifications and the current condition after being used for ± 9 years. The type of pump being tested is a multi-stage centrifugal pump model 20 WUC-2R-19. The performance testing of offload pump is done by varying the discharge valve opening by 25%, 50%, 75%, and 100%. After that, compare the actual pump performance with the corrected data using the affinity law. The test performed during the offload process occur, and the fluid characteristics assume to be constant. The results showed that there was a decrease in performance between the initial operating conditions in 2011 with the actual conditions in 2020. The actual capacity of the pump decreased from 24 m³/h to be 23.45 m³/h. The efficiency of the offload pump decreased from the initial condition of 80% to 7.71%. The decrease in efficiency for 9 years is 2.29% or 0.25% per year.

Keywords: Centrifugal pump, opening discharge valve, performance

Abstrak

Kegiatan eksploitasi sumur gas memiliki berbagai masalah salah satunya banyaknya cairan pada *column tubing* yang menghambat produksi gas. Salah satu cara mengatasi hal tersebut adalah dengan proses *offload*. Peralatan yang penting untuk kegiatan *offload* adalah pompa *offload*. Pompa ini digunakan untuk memindahkan cairan yang telah ditampung di *vessel* ke *trunkline*. Unjuk kerja pompa *offload* dalam memtransfer cairan merupakan hal yang sangat penting. Penelitian ini bertujuan melihat perubahan unjuk kerja pompa *offloading* antara kondisi awal sesuai spesifikasi pabrik dengan saat ini setelah dipakai selama ± 9 tahun. Jenis pompa yang diuji adalah pompa *multistage sentrifugal* model 20 WUC-2R-19. Pengujian *performansi* pompa *offload* dilakukan dengan bervariasi bukaan katup *discharge* sebesar 25%, 50%, 75% dan 100%. Kemudian membandingkan *performansi* pompa aktual dengan data terkoreksi menggunakan hukum *affinity law*. Pengujian ini tidak memperhitungkan perubahan karakteristik cairan yang terjadi saat kegiatan *offload*. Hasil penelitian menunjukkan telah terjadi penurunan *performansi* antara kondisi awal operasi tahun 2011 dengan kondisi aktual tahun 2020. Kapasitas aktual pompa turun menjadi sebesar 23,45 m³/h dibandingkan kapasitas disain sebesar 24 m³/h. Efisiensi pompa *offload* menurun dari kondisi awal sebesar 80 % menjadi 7,71%. Penurunan *efisiensi* selama 9 tahun adalah sebesar 2,29% atau 0,25% per tahun.

Kata Kunci: Pompa sentrifugal, bukaan katup buang, unjuk kerja

1. Pendahuluan

Pada proses eksploitasi gas pada sumur-sumur gas yang berada di anjungan *Main Stupa* sering mengalami masalah. Salah satu masalah tersebut adalah terdapat banyak cairan di *column tubing*. Hal ini akan mengurangi bahkan menghambat produksi gas. Untuk mencegahnya perlu dilakukan proses *offloading*. *Offloading* adalah proses yang dilakukan untuk mengangkat atau mengurangi cairan penghambat dari

column tubing sehingga produksi gas dari reservoir dapat diproduksi dengan lancar.

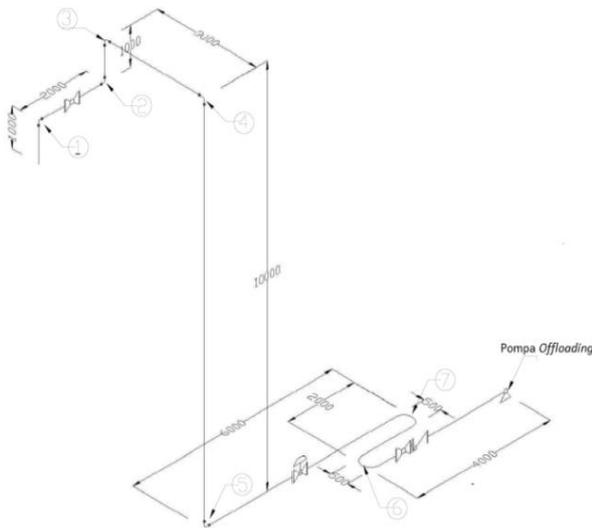
Pada proses *offloading*, gas yang ikut terangkat akan dibuang (*divent*) ke atmosfer lewat *cold vent* sedangkan cairan akan di tampung di *knock out drum (vessel 50-VZ-3601)*. Cairan tersebut akan di pompakan kembali menuju ke pipa transfer utama (*trunkline*) menggunakan pompa sentrifugal *multistage (50-PA-4501A)* yang digerakan oleh motor listrik. Kegiatan *offloading* ini merupakan kegiatan yang *critical*. Permasalahan yang

pernah terjadi adalah pompa tidak dapat menangani kenaikan cairan yang telah memenuhi *ko-drum vessel*. Kenaikan cairan tersebut menyebabkan beberapa hal seperti timbulnya *oil film* yang disebabkan oleh *liquid carry over*.

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui performansi pompa *Offloading 50-PA-4501A* pada anjungan *Main Stupa di* lapangan *South Mahakam PT. Pertamina Hulu Mahakam*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif yaitu melakukan observasi dan pengambilan data terhadap objek penelitian ketika pompa beroperasi. Instalasi perpipaan objek penelitian di tempat pengujian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Instalasi Perpipaan

Setelah dilakukan observasi di lapangan dan pengambilan data selanjutnya dilakukan perhitungan dan pengolahan data.

2.1 Head Pompa

Head pompa adalah energi per satuan berat untuk mengalirkan zat cair pada sistem yang telah direncanakan sesuai dengan kondisi pada instalasi pompa [1]–[4]. Macam-macam *head* pada pompa yaitu:

A. Head Total

Head total (*total head*) adalah gabungan dari jenis-jenis *head* yang ada di dalam suatu sistem perpipaan. Jenis-jenis itu antara lain *head* tekanan, *head* kecepatan, *head* statis, dan juga *total head losses*. Untuk mencari dapat menggunakan persamaan 1 [5]:

$$H = h_p + h_v + h_a + h_l \quad (1)$$

dengan H adalah *head* total pompa (m), h_p adalah *head* tekanan (m), h_v adalah *head* kecepatan (m), h_a adalah *head* statis (m) dan h_l adalah *total head losses* (m).

B. Head Tekanan

Merupakan perbedaan antara tekanan pada permukaan zat cair pada sisi buang (*discharge*) dengan tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi isap (*suction*) [1]. Tekanan tersebut diubah dengan menggunakan persamaan 2 [6]:

$$h_p = \frac{0.102 P}{SG} \quad (2)$$

dengan h_p adalah *head* tekanan (kPa), P adalah tekanan (kPa) dan SG adalah *spesific gravity*.

C. Head Kecepatan

Head kecepatan merupakan perbedaan antara kecepatan pada permukaan zat cair pada sisi buang (*discharge*) dengan kecepatan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi isap (*suction*). Untuk mendapatkan *head* kecepatan, kita harus mencari kecepatan aliran (*velocity*) terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan 3.

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (3)$$

dengan v adalah kecepatan aliran (m/s), Q adalah laju aliran (m³/h) dan D adalah diameter dalam pipa (m).

Setelah kita mendapatkan kecepatan aliran (*velocity*), maka kita bisa mendapatkan *head* kecepatan. *Head* kecepatan dapat dinyatakan dengan persamaan 4 [5]:

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

dengan h_v adalah *head* (m), V adalah kecepatan aliran (m/s) dan g adalah percepatan gravitasi (m/s²).

D. Head Statis

Head statis (h_a) adalah penjumlahan dari *head* elevasi dengan *head* tekanan. *Head* statis terdiri dari *head* statis sisi masuk (*head statis hisap*) dan sisi ke luar (*head statis hisap*). *Head statis* juga bisa diartikan perbedaan tinggi antara permukaan zat cair pada sisi tekan dengan permukaan zat cair pada sisi hisap.

2.2 Total Head Losses

Head kerugian yaitu *head* untuk mengatasi kerugian-kerugian yang terdiri dari kerugian gesek aliran di dalam perpipaan, dan *head* kerugian di dalam belokan-belokan (*elbow*), percabangan, dan perkatupan (*valve*) [7]. Kerugian gesek aliran di dalam perpipaan biasa disebut *major head losses* (h_f), dan *minor head losses* (h_m) merupakan kerugian di dalam belokan-belokan (*elbow*), percabangan, dan perkatupan (*valve*).

Untuk menghitung *total head losses* (h_{tot}) dapat digunakan dengan menggunakan persamaan 5 [7]:

$$h_l = h_f + h_m \quad (5)$$

dengan h_l adalah *total head losses* (m), h_f adalah kerugian *head major* (m) dan h_m adalah kerugian *head minor* (m).

Tabel 1. Koefisien gesek berbagai material pada pipa

Material	Koefisien gesek
Copper, Lead, Brass, Aluminum (new)	0,001 – 0,002
PVC, Glass, and Plastic Pipes	0,0015 – 0,007
Stainless steel	0,015
Steel commercial pipe	0,045 – 0,09
Stretched steel	0,015
Weld steel	0,045
Galvanized iron	0,0005
Rusted steel (corrosion)	0,15 – 4
New cast iron	0,25 – 0,8
Worn cast iron	0,8 – 1,5
Rusty cast iron	1,5 – 2,5
Sheet or asphalted cast iron	0,01 – 0,015
Smoothed cement	0,3
Ordinary concrete	0,3 – 1
Coarse concrete	0,3 – 5
Well planned wood	0,18 – 0,9

A. Kerugian Head Mayor

Kerugian *head* merupakan kerugian yang terjadinya akibat adanya gesekan antara dinding pipa dengan fluida yang mengalir di dalamnya. Persamaan umum yang dapat digunakan untuk mencari *head losses* akibat gesekan dalam pipa dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan *Darcy-Weisbach*. Untuk menghitung kerugian didalam pipa dapat menggunakan persamaan 6 [6] :

$$h_f = f \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

dengan h_f adalah *head* kerugian gesek dalam pipa (m), f adalah koefisien kerugian gesek, v adalah kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (m/s), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), L adalah panjang pipa (m) dan D adalah diameter dalam pipa (m)

Perhitungan kerugian gesek di dalam pipa dipengaruhi oleh pola aliran, untuk aliran laminar dan turbulen akan menghasilkan nilai koefisien yang berbeda, hal ini karena karakteristik dari aliran tersebut. Kerugian gesek dihitung berdasarkan persamaan 7 [7]:

$$R_e = \frac{V D}{\nu} \quad (7)$$

dengan R_e adalah bilangan *Reynold*, V adalah kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (m/s), D adalah diameter dalam pipa (m) dan ν adalah viskositas kinematik zat cair (m^2/s)

Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminar, pada $Re > 4000$, aliran bersifat turbulen dan pada $Re 2300-4000$, aliran bersifat transisi. Untuk aliran laminar, koefisien kerugian gesek dalam pipa (f) dinyatakan dalam rumus persamaan 8 [5]:

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

Sedangkan untuk aliran turbulen, koefisien kerugian gesek dalam pipa (f) didapat dengan dua cara yaitu pertama dengan diagram *Moody* sebagai fungsi dari bilangan *Reynold* (*Reynolds Number*) dan kekasaran relatif (*Relative Roughness* ($r = \epsilon/D$)). Kekasaran relatif

(*Relative Roughness* ($r = \epsilon/D$)) itu didapatkan dengan membagi kekasaran absolut (ϵ) dengan diameter dalam pipa. Untuk kekasaran absolut (ϵ) itu dapat dilihat dari Tabel 1.

Cara kedua untuk menghitung kerugian gesek dalam pipa ketika aliran yang terjadi merupakan aliran turbulen bisa menggunakan persamaan 9 yang diusulkan *Darcy* dan *Hazen-Williams* yaitu [5]:

$$f = 0.020 + \frac{0.0005}{D} \quad (9)$$

dengan D adalah diameter pipa dalam meter

B. Kerugian Head Minor

Minor Head Losses adalah *head losses* yang terjadi pada *fitting-fitting* akibat perubahan kecepatan maupun perubahan arah. Dalam aliran melalui jalur pipa, kerugian juga akan terjadi apabila ukuran pipa, bentuk penampang, atau arah aliran berubah. Kerugian *head* di tempat-tempat transisi yang demikian ini dapat dinyatakan secara umum dengan persamaan 10 [5].

$$h_m = f \frac{V^2}{2g} \quad (10)$$

dimana h_m adalah *head* kecepatan (m), f adalah koefisien resistansi, V adalah kecepatan aliran (m/s), g percepatan gravitasi (m/s^2)

Dimana f pada rumus di atas dinyatakan sebagai berikut [5]:

$$f = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \quad (11)$$

dimana D adalah diameter dalam pipa (m), R adalah jari-jari lengkung sumbu belokan (m), θ adalah sudut belokan (derajat) dan f adalah koefisien kerugian.

Untuk beberapa literatur simbol untuk koefisien kerugian gesek menggunakan simbol λ dan ada pula yang menggunakan symbol f dan pada penelitian ini menggunakan simbol f .

2.3 Affinity Laws

Dalam referensi [8] pada pompa sentrifugal yang geometris sebangun satu sama lain, maka untuk kondisi aliran yang sebangun berlaku suatu hukum yaitu *Affinity Laws* adalah hubungan dari perhitungan matematika yang memungkinkan untuk kita mengestimasi perubahan dalam kinerja pompa sebagai hasil dari perubahan dalam salah satu parameter dasar pompa (variabel).

Affinity laws dimana hukum ini sangat penting untuk mengetahui perubahan performansi pompa bila putaran diubah serta berguna juga untuk mengetahui perubahan *performansi* pompa yang direncanakan dengan pompa yang sudah diketahui performansinya, Dengan demikian dengan kita dapat menentukan jumlah aliran serta *head* pada pompa sentrifugal dengan membandingkan parameter uji dengan parameter yang berasal dari *manufacture*. *Affinity Laws* ditulis dalam persamaan 12 dan 13 [8]:

A. Untuk perubahan jumlah aliran:

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \quad (12)$$

dimana Q_1 adalah jumlah aliran uji (m^3/h), Q_2 adalah jumlah aliran *manufacture* (m^3/h), N_2 adalah putaran *manufacture* (rpm) dan N_1 adalah putaran uji (rpm).

B. Untuk Perubahan Head [8].

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

dimana H_1 adalah head uji (m), H_2 adalah head *manufacture* (m), N_2 adalah putaran *manufacture* (rpm) dan N_1 adalah putaran uji (rpm)

2.4 Sumber Data

Sumber data yang diperoleh dan digunakan pada penelitian ini adalah data hasil pengamatan saat dilakukannya proses *offloading*. Data spesifikasi pompa 50-PA-4501A di PT. Pertamina Hulu Mahakam ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Data Pompa

Name	50-PA-4501A <i>Offloading Pump</i>
Type	<i>Centrifugal vertical pump in canister</i>
<i>Manufacture, Model</i>	FSG, 20 WUC-2R-19
<i>Year</i>	2011
<i>Number of Stages</i>	20
<i>Serial Nr</i>	G210311/01
<i>MAWP</i>	102 barg
<i>MAWT</i>	120°C
<i>Hydr. Test Press</i>	153 bar
<i>Head</i>	700 m
<i>Capacity Water</i>	24 m^3/h
<i>Capacity Condensate</i>	17 m^3/h
<i>Rated Speed</i>	2985
<i>Pump efficiency design</i>	80 %
<i>Weight</i>	1750 kg
<i>Design pressure, Barg</i>	80
<i>Operating Suct / Disch. pressure</i>	0.6 / 65.1
<i>Rated power, Kw</i>	110



Gambar 2. Pompa *Offloading*

2.5 Sasaran Penelitian

Sasaran penelitian ini adalah menganalisa dari data pengujian di lapangan tentang seberapa besar nilai performansi dari pompa *offloading* setelah pemakaian selama ± 9 tahun dibanding dengan spesifikasi awal yang dikeluarkan oleh *manufacture*.

Objek penelitian yang dijadikan untuk analisis performansi pompa adalah *offloading pump* 50-PA-4501A yang terletak di anjungan *Main Stupa* lapangan *South Mahakam* PT. Pertamina Hulu Mahakam.

2.6 Teknik Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan Informasi yang lengkap dan akurat maka dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data dengan metode kuantitatif, data tersebut adalah:

- Studi literatur terkait
- Observasi dengan mengamati dan mengambil data penelitian mengenai pompa *offloading* ketika pompa tersebut beroperasi. Data yang diambil adalah kapasitas pompa, tekanan pompa, dan bukaan katup *level control valve*.

2.7 Teknik Analisis Data

Langkah-langkah untuk melakukan analisis data adalah sebagai berikut:

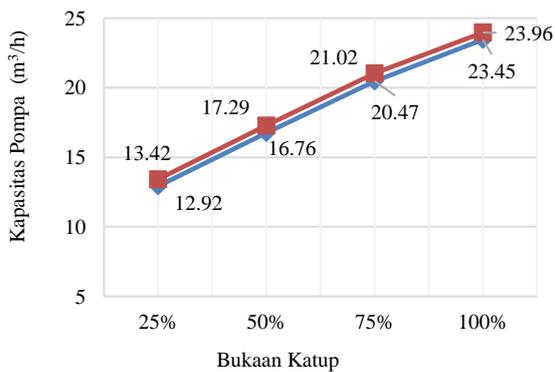
- Menghitung sistem perpipaan pompa *offloading* yaitu panjang total, diameter dan aksesoris pipa (*valve* dan *elbow*).
- Mengamati Parameter pompa saat pompa *offloading* sedang beroperasi. Parameter yang dicatat adalah bukaan katup *level control valve*, debit dan tekanan saluran buang.
- Melakukan perhitungan untuk mendapatkan head total, head tekanan, head kecepatan, kerugian head serta menghitung performansi pompa
- Membuat kurva dan menganalisa hasil dari perhitungan atau pengolahan data yang ada.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 3 menunjukkan data hasil pengujian yang telah dilakukan dan data yang sesuai dari *manufacturer* (data terkoreksi menggunakan *affinity laws*).

Tabel 3. Data Hasil Keseluruhan

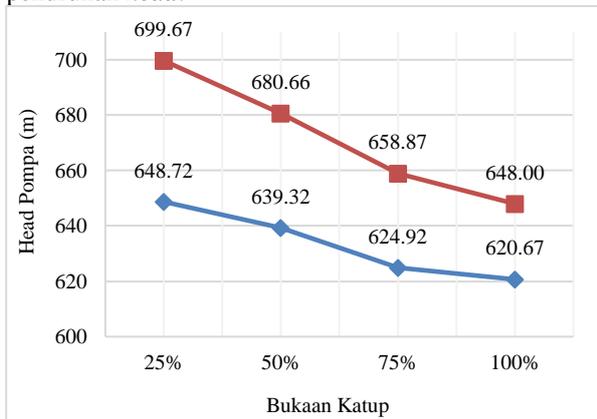
No	Head Total (m)	Debit Pompa (m^3/h)	Putaran Pompa (rpm)	Head Total Terkoreksi (m)	Debit Pompa Terkoreksi (m^3/h)
1	648,72	12,92	3100	699,67	13,42
2	639,32	16,76	3080	680,66	17,29
3	624,92	20,47	3065	658,87	21,02
4	620,67	23,45	3050	648,00	23,96



Gambar 3. Grafik Perbandingan Bukaannya (%) terhadap Kapasitas Pompa (Q) Manufacture dan Pengujian

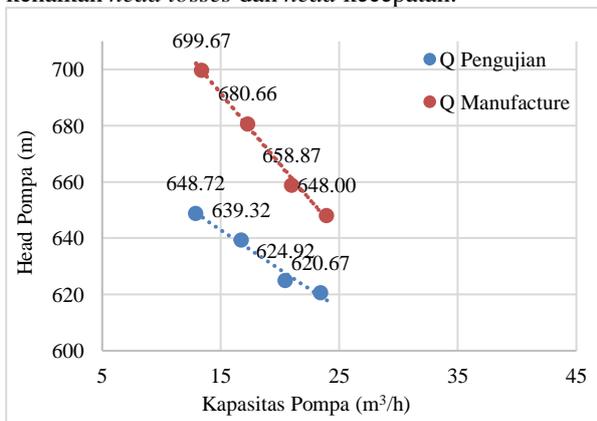
Gambar 3 menunjukkan setiap penambahan bukaan katup maka kapasitas discharge atau debit aliran pompa akan ikut bertambah.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa setiap penambahan bukaan katup maka diikuti dengan penurunan head.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Bukaannya (%) Terhadap Head Pompa (m) Manufacture dan Pengujian.

Gambar 5 menunjukkan bahwa setiap penambahan debit aliran akan menurunkan total head. Hal ini disebabkan karena setiap penambahan debit aliran atau kapasitas discharge pompa maka akan diikuti dengan kenaikan head losses dan head kecepatan.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Kapasitas Pompa (m³/h) Terhadap Head Pompa (m)

Dari Gambar 3, 4 dan 5 dapat disimpulkan bahwa terjadi perbedaan yang cukup signifikan dimana pada nilai kapasitas pompa pengujian dan head pompa pengujian terjadi penurunan dibandingkan dari data manufacture.

Dari data perhitungan di atas menunjukkan terjadi penurunan kapasitas pompa pada, maka penurunan kapasitas yang terjadi dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\left(\frac{24 - 23,45}{24}\right) \times 100 \% = 2,29 \%$$

Efisiensi pompa akan mengalami penurunan seiring dengan penurunan kapasitas pada pompa offloading, nilai efisiensi pompa dapat dihitung menggunakan rumus berikut dimana efisiensi spesifikasi awal pompa 80%:

$$80 \% - 2,29 \% = 77,71 \%$$

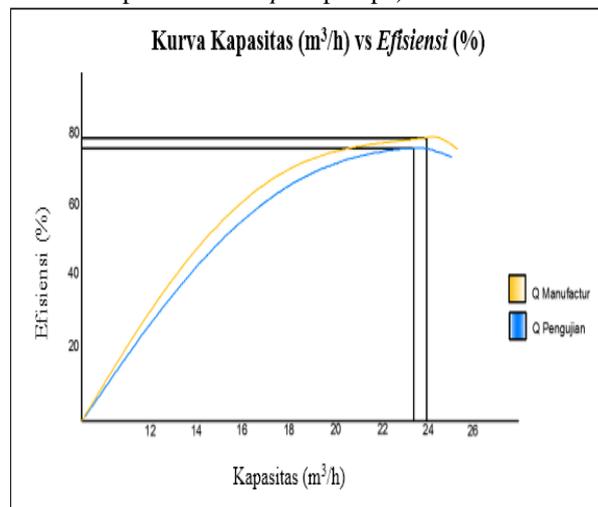
Jadi pompa offloading memiliki nilai efisiensi sebesar 77,71 %, untuk penurunan efisiensi pertahun dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\left(\frac{2,29\%}{9}\right) = 0,25 \%$$

Jadi penurunan efisiensi pertahun selama masa pemakaian ± 9 tahun yang terjadi pada pompa offloading adalah sebesar 0,25 % pertahun.

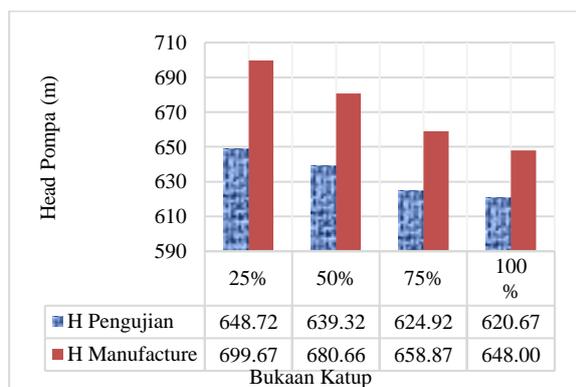
Dari Gambar 6 di atas, grafik efisiensi pompa dapat dilihat bahwa efisiensi pompa aktual sebesar 77,71% nilai ini berada di bawah nilai efisiensi dari manufacture sebesar 80%. Kondisi ini dimana setiap terjadi penurunan kapasitas pada pompa maka diikuti pula dengan terjadinya penurunan efisiensi pada pompa

Nilai efisiensi pompa aktual mengalami penurunan hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu usia pompa, kondisi pompa (ada kemungkinan terjadinya kerusakan pada internal part pompa).



Gambar 6. Grafik hubungan kapasitas pompa terhadap Efisiensi pompa

Pada Gambar 7 terlihat bahwa nilai head terbesar terjadi saat bukaan katup di 25%. Nilai head terbesar pengujian sebesar 648,72 m, sedangkan untuk head

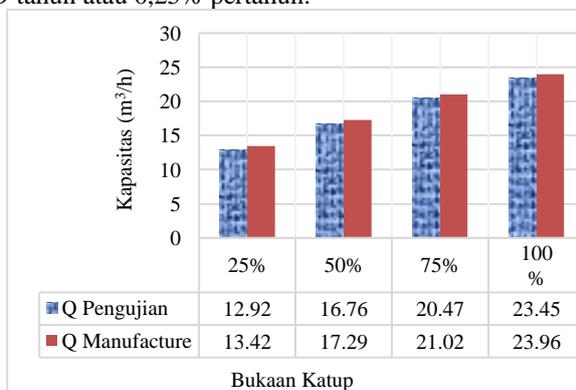


Gambar 7. Grafik Perbandingan Bukaannya Katup (%) Terhadap Head Pompa (m) Manufacture dan Pengujian

manufacture dari hasil koreksi *affinity law* sebesar 699,67 m. Nilai *head* terkecil terjadi saat bukaan katup 100% dimana nilai *head* aktual pengujian sebesar 620,67 m sedangkan untuk *head manufacture* dari hasil koreksi *affinity law* adalah sebesar 648 m. Dalam grafik ini terlihat terjadinya penurunan antara *head* aktual dibandingkan dengan *head manufacture* dari hasil koreksi *affinity law*.

Gambar 8 menunjukkan kapasitas pompa baik aktual maupun *manufacture* dari hasil koreksi *affinity law* akan bertambah dengan bertambahnya bukaan katup *discharge* pompa. Hal ini terjadi karena semakin besar bukaan katup maka hambatan yang ada dibagian *discharge* untuk cairan keluar akan berkurang dengan demikian kapasitas cairan yang dipompakan akan ikut bertambah.

Dalam grafik juga terlihat bahwa kapasitas pompa aktual pengujian memiliki nilai yang lebih rendah dari pada nilai kapasitas *manufacture* hasil koreksi *affinity law*. Nilai kapasitas pompa aktual sebesar 23,45 m³/h. Penurunan kapasitas ini terjadi karena pompa telah mengalami penurunan *efisiensi*, yang mana dari data hasil analisa *efisiensi* perhitungan menunjukkan bahwa nilai *efisiensi* pompa aktual sebesar 77,71 % sedangkan *efisiensi* pompa yang didesain oleh *manufacture* 80 %. Dari data tersebut menunjukkan bahwa pompa mengalami penurunan *efisiensi* sebesar 2,29 % selama ± 9 tahun atau 0,25% pertahun.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Bukaannya Katup (%) Terhadap Kapasitas Pompa (Q) Manufacture dan Pengujian

4. Kesimpulan

Penelitian terhadap pompa *offloading* tipe 20 WUC-2R-19 di lapangan PT. Pertamina Hulu Mahakam pada anjungan *main stupa* dapat disimpulkan bahwa telah terjadi penurunan performansi sejak awal operasi pada 2011 hingga 2020. Kapasitas, head dan efisiensi pompa aktual masing masing adalah sebesar 23,45 m³/h, 620,67 m dan efisiensi 77,71%. Sedangkan kondisi desain masing masing adalah sebesar 24 m³/h, 620,67 m dan 80%. Penurunan efisiensi pertahun adalah sebesar 0,25%. Penurunan performansi pompa ini dapat dipengaruhi oleh umur pompa, kondisi tempat pemasangan instalasi pompa, material pompa, kondisi *internal part* pompa, dan perawatan selama operasi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Pertamina Hulu Mahakam atas kesediaannya dalam memberikan data dalam penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] Siswadi, "Analisis Tekanan Pompa Terhadap Debit Air," *Sistem*, vol. 11, no. 3, pp. 39–46, 2015, Accessed: Jul. 06, 2021. [Online]. Available: <http://sistem.wisnuwardhana.ac.id/index.php/sistem/article/view/13/13>
- [2] E. Yohana, K. A. Ardhelas, and F. Khamdani, "Analisis Performansi Pompa Sentrifugal Terhadap Kapasitas Crude Oil-Water Flow," in *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XI*, 2012, pp. 645–652.
- [3] D. Wardianto, "Fenomena Unjuk Kerja (Performance) Pompa Mercury MP-700 Susunan Tunggal, Seri dan Paralel," *Menara Ilmu*, vol. XIII, no. 2, pp. 13–23, Jan. 2019, Accessed: Jul. 06, 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.umsb.ac.id/index.php/menarailmu/article/view/1186>
- [4] I. K. Warsa, E. Megawati, and D. Ariyani, "Analisis Unjuk Kerja Pompa P-01 di Unit SWD Plant (Studi Kasus di PT. Pertamina Refinery UNIT V Balikpapan)," *Jurnal Chemurgy*, vol. 2, no. 2, pp. 25–29, May 2018, doi: 10.30872/cm.g.v2i2.2235.
- [5] T. Widiyanto, *Pompa*. Blora: Pusdiklat Migas Indonesia, 2015.
- [6] Sularso and H. Tahara, *Perawatan dan Pemeliharaan Kompresor*, 7th ed. Jakarta: Pradnya Paramita, 2000.
- [7] K. Sunyoto, *Teknik Mesin Industri*, Jilid 1. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [8] R. W. and P. E. Whitesides, "Basic Pump Parameters and the Affinity Laws," 2012. [Online]. Available: www.PDHcenter.com