

ANALISIS EFISIENSI POMPA *CENTRIFUGAL* PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR KAMPUNG DAMAI BALIKPAPAN

Puji Saksono
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Balikpapan

ABSTRAK

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, manusia selalu berusaha untuk menciptakan sistem pompa dengan performansi yang maksimal. Salah satunya dipakai untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih yang selalu meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penurunan nilai efisiensi pada empat unit pompa yang dipasang secara paralel, sehingga nantinya dapat dipilih suatu solusi yang tepat untuk mengurangi biaya operasional yang tinggi akibat dari usia penggunaan pompa distribusi yang sudah lama.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa penurunan nilai efisiensi dari berbagai jenis merk pompa tidak sama yaitu untuk pompa nomor 1,2 dan 3 sebesar 0,17 per tahun. Sedangkan untuk pompa nomor 4 sebesar 1,24 per tahun.

Kata kunci: Pompa, Pemasangan paralel, Waktu pemakaian, Efisiensi.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Dengan bertambahnya jumlah penduduk kota Balikpapan mengakibatkan kebutuhan akan air bersih menjadi meningkat dari tahun ke tahun. Menyadari bahwa air bersih merupakan salah satu kebutuhan mutlak, maka sudah selayaknya masyarakat berhak untuk mendapatkan pelayanan air bersih yang memenuhi standar kesehatan. Dimana penyediaan air minum untuk menjamin tersedianya air bersih yang cukup bagi masyarakat Balikpapan disediakan oleh perusahaan pemerintah yakni Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) kota Balikpapan.

Permasalahan yang dihadapi sekarang pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kampung Damai adalah pompa distribusi yang ada sekarang usianya sudah lama, yaitu:

- Pompa nomor 1, 2, & 3 dengan merk Nijhuis sudah operasi sejak tahun 1983.
- Pompa nomor 4, dengan merk Torishima sudah operasi sejak 15 Maret 2004.

Dalam aplikasinya sehari-hari perlu dioperasikan pompa secara paralel agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Sehingga pada operasionalnya akan berakibat tingginya biaya yang harus dikeluarkan oleh PDAM, terutama untuk konsumsi energi listrik.

Dengan demikian perlu untuk dilakukan evaluasi dan penelitian untuk mengetahui penurunan nilai efisiensi agar dapat dilakukan tindakan sebagai solusi.

1.2. Perumusan dan Batasan masalah

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah seberapa besar penurunan nilai efisiensi akibat usia pompa yang sudah lama. Sedangkan batasan masalahnya adalah :

1. Data yang diolah berasal dari spesifikasi pompa dari pabrik pembuat dan laporan operasional pompa distribusi harian bulan Juli - September 2010. Penurunan performansi pompa no. 1, 2, & 3 diasumsikan sama karena tidak memungkinkan untuk dilakukan pengujian untuk masing-masing pompa, sehingga tidak akan mengganggu distribusi air ke konsumen.
2. Kondisi faktor-faktor material dan eksternal yang mempengaruhi kinerja pompa (misalnya: debit aliran air baku dan daya listrik) untuk semua pompa adalah sama dan tidak berubah selama evaluasi.
3. Kondisi objek dan sistem amatan tidak berubah selama proses evaluasi dilaksanakan.

1.3. Tujuan dan Manfaat penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengkaji penurunan nilai efisiensi pompa distribusi akibat pemakaian yang sudah lama. Sedangkan manfaatnya untuk dijadikan dasar dalam perhitungan manajemen energi dan desain ulang instalasi keseluruhan dari pemasangan pompa secara parallel.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pompa tidak dapat mengubah seluruh energi kinetik menjadi energi tekanan karena ada sebagian energi kinetik yang hilang dalam bentuk *losses* atau kerugian. Efisiensi pompa adalah suatu faktor yang dipergunakan untuk menghitung *losses* ini. Efisiensi pompa terdiri dari :

1. Efisiensi hidrolis, memperhitungkan *losses* akibat gesekan antara cairan dengan impeler dan losis akibat perubahan arah yang tiba-tiba pada impeler.
2. Efisiensi volumetris, memperhitungkan *losses* akibat resirkulasi pada ring, bushing, dll.
3. Efisiensi mekanis, memperhitungkan losis akibat gesekan pada *seal*, *packing gland*, bantalan, dll.

Setiap pompa dirancang pada kapasitas dan *head* tertentu, meskipun dapat juga dioperasikan pada kapasitas dan *head* yang lain. Efisiensi pompa akan mencapai maksimum pada *designed point* tersebut, yang dinamakan dengan titik BEP. Untuk kapasitas yang lebih kecil atau lebih besar efisiensinya akan lebih rendah.

Efisiensi pompa adalah perbandingan antara daya hidrolis pompa dengan daya poros pompa.

$$\eta = \frac{P_H}{P_S}$$

Dimana :

P_H = daya hidrolis

P_S = daya shaft/poros pompa

Daya hidrolis adalah daya yang diperlukan oleh pompa untuk mengangkat sejumlah zat cair pada ketinggian tertentu. Daya hidrolis dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$P_H = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000} \text{ kW}$$

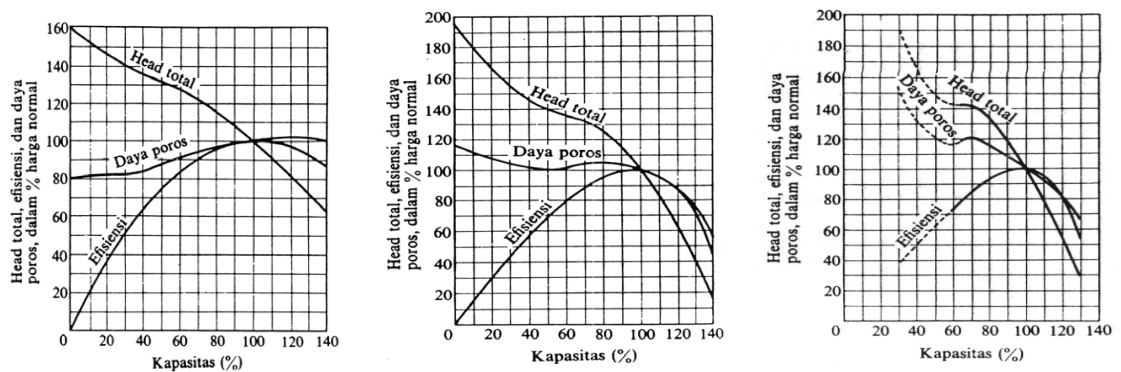
ρ = massa jenis, kg/m^3

g = gaya gravitasi

H = head, m

Q = kapasitas, m^3/s

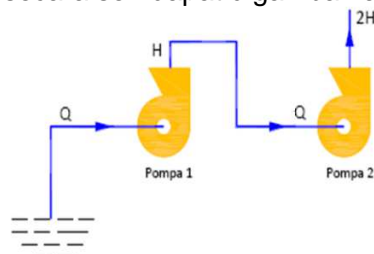
Untuk setiap pompa, biasanya pabrik pembuatnya memberikan kurva karakteristik yang menunjukkan unjuk kerja pompa pada berbagai kondisi pemakaian. Karakteristik sebuah pompa digambarkan dalam kurva karakteristik menyatakan besarnya *head* total, daya pompa dan efisiensi pompa terhadap kapasitas. Berikut ini adalah contoh kurva karakteristik suatu pompa :



Gambar 2.1: Grafik karakteristik pompa dengan n_s kecil, sedang dan besar.

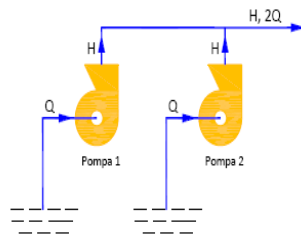
Jika *head* atau kapasitas yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka dapat digunakan dua pompa atau lebih yang disusun secara seri atau paralel.

Bila *head* yang diperlukan besar dan tidak dapat dilayani oleh satu pompa, maka dapat digunakan lebih dari satu pompa yang disusun secara seri. Penyusunan pompa secara seri dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.2 : Pompa susunan seri

Susunan paralel dapat digunakan bila diperlukan kapasitas yang besar yang tidak dapat dipenuhi oleh satu pompa saja, atau bila diperlukan pompa cadangan yang akan dipergunakan bila pompa utama rusak/diperbaiki. Penyusunan pompa secara paralel dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.3: Pompa susunan paralel

Operasi paralel di mana masing-masing *suction* pompa dihubungkan dengan *header* utama, dan discharge ke *header* gabungan dan bekerjasama untuk menghasilkan *flow* pada *head* tetap.

Dalam operasi paralel umumnya sejumlah pompa digabungkan untuk menangani *fluktuasi flow* yang besar dari sistem. *Arrangement* ini banyak digunakan pada *water treatment* di mana air minum yang disuplai dari *plan treatment* ke sub-divisi akan terjadi fluktuasi besar sepanjang waktu. Pemakaian beberapa pompa dalam satu sistem memungkinkan pompa dihidupkan dan dimatikan sesuai kebutuhan untuk memenuhi variasi permintaan.

Kurva head dan kapasitas pompa disediakan oleh produsen. Perlu di ingat bahwa BEP (*Best Efficiency Point*) berada di antara 80% dan 85% dari maksimum head. Untuk memaksimalkan usia pompa perlu mengoperasikan pompa sedekat mungkin dengan BEP.

Pada masing-masing diagram menggunakan terminologi yang sama:

H = *Head* (feet atau meter)

Q = Kapasitas (gpm, m³/hr)

S = Kurva sistem yang disediakan oleh konsumen

Pompa akan selalu bekerja pada kurva kecuali *clearance* dalam pompa sudah terlalu lebar. Apabila kapasitas pompa sentrifugal bertambah maka *head* akan berkurang dan sebaliknya apabila kapasitas berkurang maka *head* akan bertambah. Bila pompa bekerja di luar range pompa maka akan terjadi kavitasi karna kelebihan *flow*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kampung Damai Balikpapan. Sedangkan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juli s/d Desember 2010.

3.2. Bahan dan alat

1. *Pressure gauge*
2. *Flow meter*
3. *Multimeter digital*
4. Peralatan work shop.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Spesifikasi pompa terpasang (*Existing*)

Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kampung Damai pada PDAM kota Balikpapan dengan data teknis sebagai berikut:

- Kapasitas terpasang 400 L/dt
- Kapasitas terpakai 400 L/dt
- Dioperasikan Tahun 1983
- Daya listrik PLN 1.385 KVA
- Daya listrik GENSET 800 KVA
- Efisiensi keempat pompa dari pabrik pembuat masing-masing yaitu 75%.
(sumber: www.pdamtirtamanggar.com)

4.2. Pompa Distribusi No. 1, 2 dan 3 (TWP) 1982 Operasi tahun 1983.

| | |
|-------------|--|
| Merk | NIJHUIS |
| No. | 30.557 |
| Type | NC1-250-520 |
| Q | 610 m ³ /h = 169,44 liter/detik |
| Th | 65 m |
| Bearing | 6314 x 3 |
| Remis | 12,7 mm |

| | |
|--------------|---------------------|
| Motor | LEROY SOMMER |
| No. | 1918 303 |
| Type | LSP 280 V.PLS 200 V |
| Daya | 200 kW |
| Arus | 0,88 / 50 Hz |
| Tegangan | 380 Y/ Δ |
| Putaran | 1480/min |
| Cos Q | 95 % |

4.3. Pompa Distribusi No. 4 (TWP) 2003 / Operasi 15 Maret 2004

| | |
|-------------|------------------|
| Merk | TORISHIMA |
| Type | CE. 200.50 |
| Q | 169 liter/detik |
| Th | 65 m |
| Rpm | 1470/min |
| Weight | 1000 kg |
| Th | 2003 |

| | |
|--------------|---------------------------|
| Motor | FREN STAT |
| Type | 14.BG.317-4 AA 90 2.315 L |
| Voltage | 380/660.. Δ /Y |
| Daya | 200 kW |
| Ampere | 360 A |
| Putaran | 1486/min |
| Weight | 1050 |

4.4. Data operasi pompa distribusi



Gambar 2.5. Instalasi Pompa Distribusi IPA Kampung Damai

4.5. Operasi 3 Pompa (Beban puncak)

Tanggal 31 Juli 2010, Jam: 17.00 - 18.00 (Pompa 1,3 & 4)

Debit Komulatif 3 Pompa maksimal (Q_{Aktual}) = 1444 m³/jam = 401,11 liter/detik

| No. Pompa Distribusi | Debit [m ³ /jam] | Tekanan [bar] | Arus Motor [Ampere] | Tangki Vesel [bar] | Tekanan Distribusi [bar] | Voltase [volt] |
|----------------------|-----------------------------|---------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| 1 | 1444 | 6,7 | 260 | 7 | 6,9 | 380 |

| No. Pompa Distribusi | Debit [m ³ /jam] | Tekanan [bar] | Arus Motor [Ampere] | Tangki Vesel [bar] | Tekanan Distribusi [bar] | Voltase [volt] |
|----------------------|-----------------------------|---------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| 3 | 1444 | 7,3 | 255 | 7 | 6,9 | 380 |

| No. Pompa Distribusi | Debit [m ³ /jam] | Tekanan [bar] | Arus Motor [Ampere] | Tangki Vesel [bar] | Tekanan Distribusi [bar] | Voltase [volt] |
|----------------------|-----------------------------|---------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| 4 | 1444 | 6,7 | 265 | 7 | 6,9 | 380 |

Kenyataan di lapangan, kapasitas tersebut mengalami penurunan (losses) pada pipa distribusi ke pelanggan sekitar 10%.

Jadi (Q_{Aktual}) = 401,11 liter/det - 10%

= 401,11 liter/det - 40,11 liter/det

= 359,99 liter/det

≈ 360 liter/det (Laporan rata-rata produksi tiap bulan)

Kapasitas pompa sesuai spesifikasi unit:

$Q_{\text{Spek}} = Q_1 + Q_3 + Q_4$ (parallel)

= 610 m³/jam + 610 m³/jam + 608,4 m³/jam

= 1828,4 m³/jam

= 507,88 liter/detik

Dengan demikian telah mengalami penurunan kapasitas sebesar:

$Q_{\text{Losses}} = Q_{\text{Spek}} - Q_{\text{Aktual}}$

= 507,88 liter/detik - 401,11 liter/detik

= 106,77 liter/detik

Persentasi penurunan:

= $\frac{507,88 - 401,11}{507,88} \times 100\%$

= 0,2102 x 100 %

= 21,02 %

4.6. Operasi 2 pompa distribusi

Tanggal 2 Agustus 2010, Jam: 17.00 - 18.00 (Pompa 1 & 2)

Debit Komulatif 2 Pompa maksimal (Q_{Aktual}) = 1178 m³/jam = 327,22 liter/detik

| No. Pompa Distribusi | Debit [m ³ /jam] | Tekanan [bar] | Arus Motor [Ampere] | Tangki Vesel [bar] | Tekanan Distribusi [bar] | Voltase [volt] |
|----------------------|-----------------------------|---------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| 1 | 1178 | 5,9 | 285 | 7 | 6,1 | 380 |

| No. Pompa Distribusi | Debit [m ³ /jam] | Tekanan [bar] | Arus Motor [Ampere] | Tangki Vesel [bar] | Tekanan Distribusi [bar] | Voltase [volt] |
|----------------------|-----------------------------|---------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| 2 | 1178 | 6,7 | 295 | 7 | 6,1 | 380 |

Kapasitas pompa sesuai spesifikasi unit:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Spek}} &= Q_1 + Q_2 \text{ (parallel)} \\
 &= 610 \text{ m}^3/\text{jam} + 610 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 1220 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 338,88 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian telah mengalami penurunan kapasitas sebesar:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Losses}} &= Q_{\text{Spek}} - Q_{\text{Aktual}} \\
 &= 1220 \text{ m}^3/\text{jam} - 1178 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 42 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 11,67 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Persentasi penurunan:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1220-1178}{1220} \times 100\% \\
 &= 0,0344 \times 100\% \\
 &= 3,44\%
 \end{aligned}$$

Efisiensi pompa distribusi

Perhitungan:

$$\eta_p = \frac{\text{WHP}}{\text{SHP}}$$

Dimana:

| | | |
|----------|-------------------|----|
| η_p | = Efisiensi pompa | |
| WHP | = Daya air | kW |
| SHP | = Daya poros | kW |

$$\text{WHP} = \gamma \cdot Q \cdot H$$

Dimana:

| | | |
|----------|--------------------|-------------------------------|
| WHP | = Daya air; | kW |
| γ | = Berat jenis air; | 9765 N/m ³ |
| Q | = Kapasitas pompa; | 0,16361 m ³ /detik |
| H | = Head pompa; | 65 m |

$$\begin{aligned}
 \text{WHP} &= \gamma \cdot Q \cdot H \\
 &= 9765 \text{ N/m}^3 \cdot 0,16361 \text{ m}^3/\text{detik} \cdot 65 \text{ m} \\
 &= 103847,3573 \text{ W} \\
 &= 103,8474 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

SHP dapat diperoleh pada grafik kapasitas pompa sebesar 589 m³/jam yaitu sebesar = 145 kW

Sehingga; $\eta_p = \frac{\text{WHP}}{\text{SHP}} = \frac{103,8474 \text{ kW}}{145 \text{ kW}} = 0,7162 = 71,62\%$

Mengalami penurunan efisiensi dari spesifikasi awal pompa sebesar 75 %, yaitu sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{75-71,62}{75} \times 100\% \\
 &= 0,45 \\
 &= 4,5\%
 \end{aligned}$$

Dengan demikian efisiensi pompa nomor 1, 2, & 3 diasumsikan sama yaitu sebesar 71,62 %.

4.7. Operasi 1 pompa distribusi

Tanggal 31 Juli 2010, Jam: 12.00 - 13.00 (Pompa no. 4 merk Torishima)

Debit Pompa maksimal (Q_{Aktual}) = 544 m³/jam = 151,11 liter/detik

| No. Pompa Distribusi | Debit [m ³ /jam] | Tekanan [bar] | Arus Motor [Ampere] | Tangki Vesel [bar] | Tekanan Distribusi [bar] | Voltase [volt] |
|----------------------|-----------------------------|---------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| 4 | 544 | 6 | 290 | 6,4 | 3,8 | 385 |

Kapasitas pompa sesuai spesifikasi unit:

$$\begin{aligned} Q_{\text{Spek}} &= 608,4 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 169 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Dengan demikian telah mengalami penurunan kapasitas sebesar:

$$\begin{aligned} Q_{\text{Losses}} &= Q_{\text{Spek}} - Q_{\text{Aktual}} \\ &= 608,4 \text{ m}^3/\text{jam} - 544 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 64,4 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 17,89 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Persentasi penurunan:

$$\begin{aligned} &= \frac{608,4 - 544}{608,4} \times 100\% \\ &= 0,1059 \times 100\% \\ &= 10,59\% \end{aligned}$$

Efisiensi pompa distribusi No.4 (Torishima)

Perhitungan:

$$\eta_p = \frac{\text{WHP}}{\text{SHP}}$$

Dimana: η_p = Efisiensi pompa
WHP = Daya air kW
SHP = Daya poros kW

$$\text{WHP} = \gamma \cdot Q \cdot H$$

Dimana: WHP = Daya air; kW
 γ = Berat jenis air; 9765 N/m³
Q = Kapasitas pompa; 0,1511 m³/detik
H = Head pompa; 65 m

$$\text{WHP} = \gamma \cdot Q \cdot H$$

$$\begin{aligned} &= 9765 \text{ N/m}^3 \cdot 0,1511 \text{ m}^3/\text{detik} \cdot 65 \text{ m} \\ &= 95914 \text{ W} \\ &= 95,914 \text{ kW} \end{aligned}$$

SHP dapat diperoleh pada grafik kapasitas pompa sebesar 544 m³/jam yaitu sebesar = 140 kW

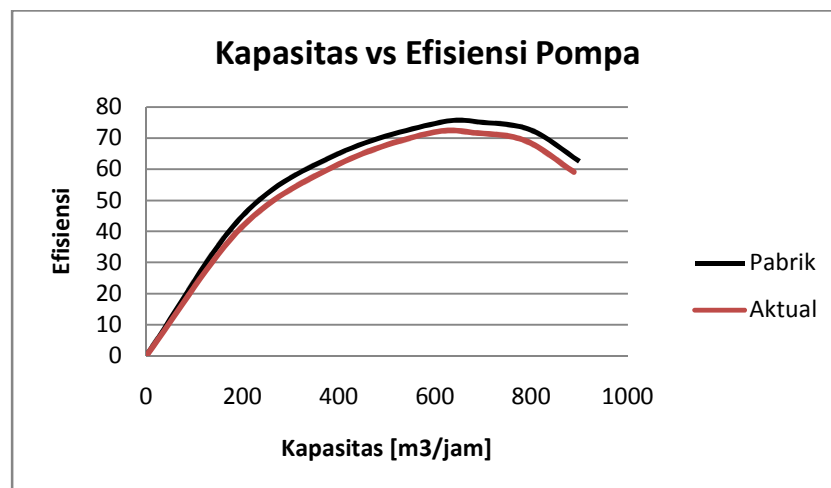
$$\text{Sehingga;} \quad \eta_p = \frac{\text{WHP}}{\text{SHP}} = \frac{95,914 \text{ kW}}{140 \text{ kW}} = 0,6851 = 68,51\%$$

Mengalami penurunan efisiensi dari spesifikasi awal pompa sebesar 75 %, yaitu sebesar:

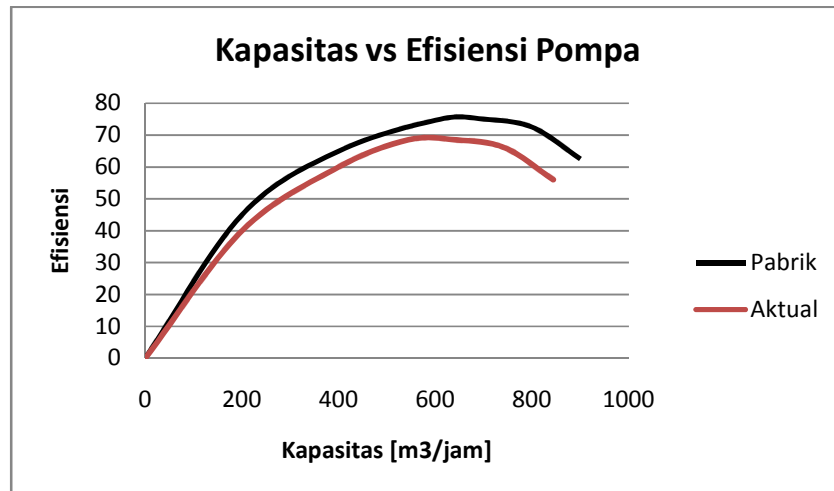
$$\begin{aligned}
 &= \frac{75-68,51}{75} \times 100\% \\
 &= 0,0865 \\
 &= 8,65 \%
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi Aktual Pompa Distribusi.

| No. Pompa Distribusi | Merk Pompa | Debit [m ³ /jam] | Konsumsi Listrik [kW] | Efisiensi Aktual | Persentase Penurunan Efisiensi Total | Persentase Penurunan Efisiensi / tahun |
|----------------------|------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------------|--|
| 1 | NIJHUIS | 589 | 108,3 | 71,62 | 4,5 % | 0,17 % |
| 2 | NIJHUIS | 589 | 112,1 | 71,62 | 4,5 % | 0,17 % |
| 3 | NIJHUIS | 589 | 108,3 – 112,1 | 71,62 | 4,5 % | 0,17 % |
| 4 | TORISHIMA | 544 | 111,65 | 68,51 | 8,65 % | 1,24 % |



Gambar 2. Grafik Efisiensi pompa Nijhuis (Pompa no. 1, 2, & 3)



Gambar 3. Grafik Efisiensi pompa Torishima (Pompa no. 4)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) kampung Damai Balikpapan dapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Terjadi penurunan nilai efisiensi dari berbagai jenis merk pompa tidak sama yaitu untuk pompa nomor 1,2 dan 3 sebesar 0,17 per tahun. Sedangkan untuk pompa nomor 4 sebesar 1,24 per tahun.
2. Penurunan nilai efisiensi ini dipengaruhi diantaranya oleh kualitas material pompa, perawatan selama operasi dan pemasangan instalasi.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka perlu dilanjutkan lagi untuk menghitung manajemen energi keseluruhan dari instalasi pompa distribusi tersebut akibat dari penurunan nilai efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Igor J. Karassik, Joseph P. Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald (2001), **Pump Handbook**, Third Edition, McGraw-Hill Book Co, New York.
2. Larry Bachus, Angel Custodio. (2003), **Know and Understand Centrifugal pumps**, Elsevier Bachus Company, Inc., Oxford UK.
3. Lemigas (2000). **Dasar-Dasar Pompa Positive Displacement dan Centrifugal**, Lemigas, Jakarta.
4. Pudjanarsa A, Nursuhud Djati. (2008), **Mesin Konversi Energi**, Penerbit Andi, Yogyakarta.
5. Sularso, Haruo Tahara. (2004), **Pompa Dan Kompresor**, Cetakan Ketujuh, Pradnya Paramita, Jakarta.