

# Kajian Manajemen Energi Listrik Pada Stasiun Pompa Air

Mohammad Noor Hidayat<sup>\*a)</sup>, Sigi Syah Wibowo<sup>a)</sup>, Moch. Guntur Eka Prasetya<sup>a)</sup>,

(Artikel diterima: bulan September 2020, direvisi: bulan Oktober 2020)

**Abstract:** One of the important components for a drinking water company is the operation of a pump station that functions to regulate the water supply from existing water sources to customers. To operate the water pump, an electric motor is needed as the driving force. In order for the energy consumption needed to operate an electric motor to be regulated, it is necessary to manage electrical energy at the pump station. One example of a pump station is the local water company (PDAM) Unit Wendit Malang City. This unit consists of 3 pump stations namely Wendit 1, Wendit 2 and Wendit 3. These three parts are supplied by 2 transformers with a capacity of 1110 kVA for Wendit 2 and 1730 kVA for Wendit 1 and 3. From the results of power factor measurements in the three sections, it is known that the power factor value at the Wendit 3 pump station is 0.82. This value does not meet the PLN minimum standard, which is 0.85. If the power factor is less than 0.85 then the industry will incur the excess reactive power consumption (kVARh) charges. Therefore it is necessary to study energy management at the pump station of PDAM Unit Wendit Malang City. To improve the low power factor, two recommendations were given, namely the installation of VSD (Variable Speed Drive) at the PDAM Unit Wendit 1 and 3 pump stations and the installation of a Capacitor Bank at the PDAM Unit Wendit 2 pump station. Based on the analysis, the power factor value PDAM Wendit 3, which was originally 0.82 increased to 0.9. In addition, there are savings in electricity consumption per month of 10.48% at PDAM Unit Wendit 1 and 3 and 28.32% at PDAM Unit Wendit 2.

**Keywords:** pump, energy, manajemen, motor, VSD

## 1. Pendahuluan

Perusahaan Daerah Air Minum Kota Malang (PDAM) Unit Wendit merupakan Badan Usaha Milik Daerah Penyediaan Air Minum di Kota Malang. Pada unit ini, terdapat tiga stasiun pompa yang digunakan untuk mengatur suplai air minum ke pelanggan,

Dalam pengoperasiannya PDAM Unit Wendit Kota Malang memerlukan banyak unit motor listrik sebagai penggerak pompa-pompa air yang ada. Hampir 80% konsumsi energi listrik pada PDAM Unit Wendit Kota Malang dipakai untuk sistem operasi motor pompa. Berdasarkan data pembebanan diketahui bahwa nilai faktor daya pada PDAM Unit Wendit 3 yaitu 0,82. Nilai ini tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh PLN yakni faktor daya minimal adalah 0,85. Oleh karena itu, untuk industri dengan faktor daya rendah akan dikenakan penalti disinsentif untuk biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (dengan satuan unit kVARh).

Salah satu penyebab rendahnya nilai faktor daya adalah penggunaan beban-beban induktif, seperti penggunaan motor-motor listrik. Berdasarkan daya yang ada, PDAM Unit Wendit Kota Malang mengoperasikan motor-motor listrik pada stasiun pompa menggunakan metode konvensional Electro-Mechanical, seperti Star-Delta Start dan Direct-On-Line Start (DOL) dengan kecepatan konstan. Kecepatan yang konstan akan menyebabkan pemakaian energi listrik yang konstan, tidak tergantung kondisi beban.

Oleh karena itu, diperlukan Langkah-langkah dalam rangka perbaikan faktor daya pada industri. Yang pertama adalah dengan menggunakan Variable Speed Drive (VSD) untuk mengoperasikan motor listrik. VSD digunakan untuk mengatur kecepatan motor listrik agar sesuai dengan beban yang ditanggung. Dengan mengatur kecepatan motor listrik, maka pemakaian energi listrik untuk menggerakkan motor listrik dapat diatur pula. Sehingga, biaya yang diperlukan untuk membayar pemakaian energi listrik dapat diatur pula. Cara lain dapat diambil untuk memperbaiki faktor daya juga dapat dilakukan dengan menambahkan capacitor bank

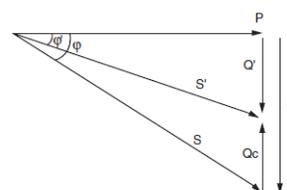
pada panel listrik yang ada..

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen adalah suatu proses yang terdiri dari rangkaian kegiatan, seperti perencanaan, pengorganisasian, penggerakan dan pengendalian/pengawasan yang dilakukan untuk menentukan dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan melalui pemanfaatan sumber daya manusia dan sumber daya lainnya [1].

Sedangkan manajemen Energi adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung [2].

### 2.1 Perbaikan Faktor Daya



Gambar 1 Faktor Daya Koreksi Dengan Penambahan KVAR [3]

Dari gambar vector diatas terlihat bahwa semakin besar sudut, maka semakin besar pula daya reaktif yang dibutuhkan beban untuk suatu daya tertentu. Untuk mengatasi keadaan tersebut, diperlukan sumber daya reaktif diharapkan dapat memperbaiki faktor daya yang rendah. Salah satu alat yang umum digunakan untuk memperbaiki faktor daya tersebut adalah kapasitor. Kapasitor yang dipasang dan disusun membentuk sebuah tumpuk kapasitor (kapasitor bank) merupakan sumber energi reaktif. Maka dikatakanlah sistem ini sebagai kompensasi energi reaktif.

\* Korespondensi: [moh.noor@polinema.ac.id](mailto:moh.noor@polinema.ac.id)

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.  
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

## 2.2 Hubungan Kapasitas Aliran (Q) dan Daya Motor Terhadap Frekuensi Inverter

Hubungan kapasitas aliran air Q dan konsumsi daya P pada saat frekuensi suplai  $f_s$ , dijalankan dibandingkan dengan pada saat frekuensi inverter  $f_{inv}$  digunakan, seperti ditunjukkan pada persamaan berikut :

- Hubungan kapasitas aliran air Q terhadap Frekuensi Suplai dan frekuensi inverter [4]

$$Q_x = \left(\frac{f_{inv}}{f_s}\right) \times Q$$

$Q_x$  = Kapasitas aliran air operasional pompa (Lt/det)

$Q$  = Kapasitas aliran air nominal pompa (Lt/det)

$f_{inv}$  = Frekuensi Inverter (Hz)

$f_s$  = Frekuensi Nominal (Hz)

- Hubungan daya operasi motor terhadap Frekuensi Suplai dan frekuensi inverter [4]

$$P_x = \left(\frac{f_{inv}}{f_s}\right)^3 \times P$$

Dimana :

$P_x$  = Daya motor operasional (kW)

$P$  = Daya motor nominal (kW)

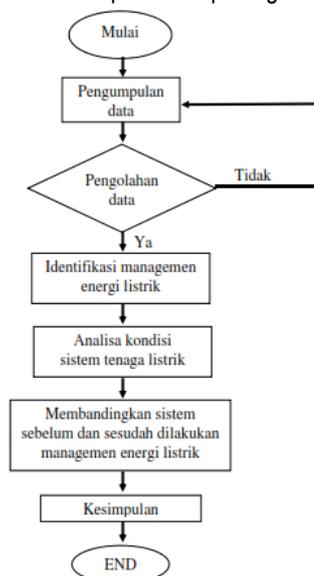
$f_{inv}$  = Frekuensi Inverter (Hz)

$f_s$  = Frekuensi Nominal (Hz)

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Di dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan melalui:

- Studi Literature

Studi Literature adalah kajian yang dilakukan oleh penulis atas referensi – referensi yang ada baik berupa buku, karya – karya ilmiah dan melalui internet serta media massa yang berhubungan dengan penulisan Skripsi ini.

- Metode Observasi

Metode ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi real di lapangan, mengumpulkan data – data awal yang berhubungan dengan pemakaian energi listrik di PDAM Unit Wendit Kota Malang.

- Metode Wawancara

Wawancara terhadap karyawan atau pihak yang bersangkutan.

Analisis permasalahan dilakukan dalam empat tahapan analisa yaitu:

- Analisis Kondisi Sistem

Analisis dilakukan melalui simulasi aliran daya pada saat pembebanan penuh dan pada saat pengoperasian sebelum dilakukan manajemen energi listrik. Kemudian melihat kondisi tegangan, frekuensi, power faktor, daya aktif, dan daya reaktif dan menganalisa pembebanan pada masing – masing peralatan.

- Analisis Peluang Penghematan Energi Listrik

Identifikasi peluang penghematan energi listrik ini merupakan cara mencari peluang – peluang penghematan yang mungkin untuk dilakukan dengan tidak mengurangi kualitas produksi. Menjaga kualitas produksi bisa dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan daya saat operasi serta besar pembebanan per satuan waktu sebagai referensi kerja sistem. Sehingga akan didapat sebuah rekomendasi perbaikan sistem dengan penggunaan energi listrik yang lebih efektif serta efisien

- Analisis Penggunaan Energi Listrik Pada Motor

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui peluang – peluang yang mungkin dilakukan untuk menghemat penggunaan energi listrik pada motor . Pada analisis ini merupakan perbandingan antara konsumsi energi yang dikonsumsi dengan konsumsi energi yang di

- Analisis Kondisi Sistem Setelah Penerapan Manajemen Energi Listrik .

Melakukan analisis ulang sistem tenaga listrik yang telah dilakukan manajemen energi listrik.

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1 Sistem Kelistrikan di PDAM Unit Wendit Kota Malang

Sistem kelistrikan di PDAM Unit Wendit Kota Malang terbagi menjadi 2 bagian diantaranya : Suplai utama dan suplai cadangan.

1. Suplai Utama Energi Listrik

Kebutuhan utama energi listrik di PDAM Unit Wendit Kota Malang ini disuplai dari 2 penyulang PLN dengan daya

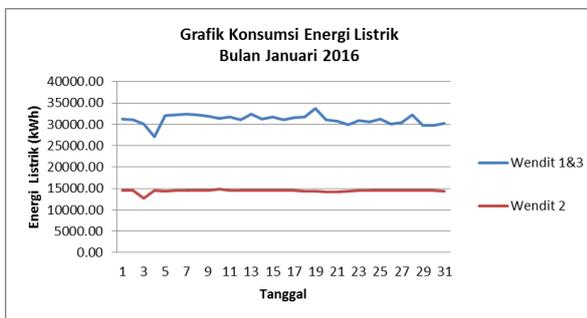
kontrak sebesar 1730 kVA/20 kV/50Hz untuk Wendit 1 dan 3, dan 1110 kVA/20 kV/50Hz untuk Wendit 2. Dan keduanya termasuk golongan tarif I3/TM, batas daya diatas 200 kVA

2. Suplai Cadangan Energi Listrik

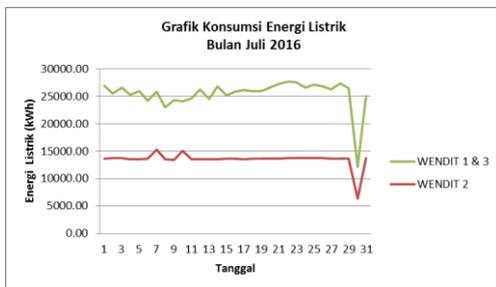
Apabila terjadi gangguan pada suplai utama, PDAM Unit Wendit memiliki suplai cadangan berupa 2 buah genset. Dimana masing – masing genset memiliki rating 1000 kVA.

4.2 Pola Beban Bulanan

Pola beban bulanan industri menunjukkan bentuk pola yang berbeda – beda. Berikut ini digunakan sampel pola beban yaitu bulan Januari dan Juli 2016. Pengambilan sampel pada bulan tersebut dikarenakan pola bebannya tidak sama. Pada bulan Januari 2016 pemakaian cenderung terlihat lebih tinggi dari pada bulan Juli 2016.



Gambar 1. Grafik Konsumsi Energi Listrik Bulan Januari 2016



Gambar 2. Grafik Konsumsi Energi Listrik Bulan Juli 2016

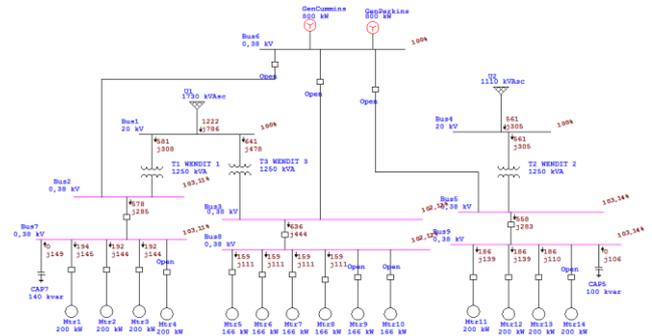
4.3 Managemen Energi Listrik di PDAM Unit Wendit

Managemen energi listrik merupakan upaya pengoptimalan penggunaan energi listrik sehingga dapat mengurangi pengeluaran biaya listrik. Perbaikan faktor daya dan pemasangan VSD (*Variable Speed Drive*) merupakan upaya pengoptimalan penggunaan energi listrik dan juga penghematan biaya listrik. Sehingga perlu diidentifikasi pemasangan mana yang paling optimal dan layak dipasang.

4.4 Analisis Pembebanan Sistem Kondisi Beban Riil

Pada Kondisi yang diinginkan dalam keadaan beban riil ini berarti bahwa motor – motor yang digunakan dalam keadaan pemakaian yang sebenarnya sesuai di lapangan. Untuk itu pada software parameter yang harus diisikan adalah di demand factor adalah daya (kW) yang terukur dibagi dengan daya (kW) name plate pada motor dan hasilnya dikalikan 100%, sebagai berikut :

Setelah semua parameter terpenuhi dan demand faktor ini harus ada di semua parameter motor yang digunakan, karena faktor pembebanan ini akan berpengaruh pada aliran daya yang akan diperoleh nantinya ketika program sudah dijalankan untuk memperoleh hasil yang ingin dianalisa. Dan hasilnya seperti pada berikut ini



Gambar 3. Load Flow Kondisi Beban Riil

Tabel 1. Report Load Flow Beban Riil

Kondisi	Unit	kW Flow	kVAR Flow	Amp Flow	% PF	PF Sistem
BEBAN RIIL	Wendit 1	578	285	949,3	89,7	88,4
	Wendit 2	558	283	921,6	89,2	87,9
	Wendit 3	636	444	1153,6	82	80,2

4.5 Analisis Faktor Daya

Pada hasil report load flow beban riil tabel 4.1 faktor daya sistem pada Wendit 3 diperoleh sebesar 0,82. Sedangkan faktor daya yang distandarkan PLN pada konsumen industri minimal adalah 0,85. Hal inilah yang menjadi dasar untuk dilakukannya manajemen energi listrik dengan cara perbaikan faktor daya pada Wendit 3 dengan adanya pemasangan kapasitor bank.

4.5.1 Perbaikan Faktor Daya Wendit 3

Perbaikan faktor daya pada wendit 3 yaitu mengubah faktor daya semula yaitu 0,82 menjadi 0,9 sehingga daya semu dan daya reaktif yang dikonsumsi jaringan menjadi kecil serta rugi – rugi drop tegangan menjadi kecil.

Tabel 2. Load Flow Report Pada PDAM Unit Wendit 3 Sebelum Pemasangan Kapasitor

Waktu Pembebanan	BUS ID	Kv	kW	kVAR	kVA	Amp	PP%	Pf sistem
Saat Sistem Beban Terpasang	3	0,38	997	722	1230	1868,8	81	77,9
			Rata - rata	636	444	775	1153,6	82
Saat Sistem Beban Minimum	3	0,38	477	333	582	858,4	82	80,6

Tabel 3. Load Flow Report Pada PDAM Unit Wendit 3 Setelah Pemasangan Kapasitor

Waktu Pembebanan	BUS ID	Kv	kW	kVAR	kVA	Amp	PP%	Pf sistem
Saat Sistem Beban Terpasang	3	0,38	997	474	1104	1651,3	90,3	88
			Rata - rata	636	186	662	971,3	96
Saat Sistem Beban Minimum	3	0,38	477	71	482	701,3	98,9	98,5

Berdasarkan tabel diatas setelah dipasang kapasitor bank sebesar 200 kVAR besar faktor daya PDAM Unit Wendit 3 yang

semula 0,81 menjadi 0,9 saat sistem beban terpasang, 0,82 menjadi 0,96 saat sistem beban rata – rata, dan 0,82 menjadi 0,98 saat sistem beban minimum.

#### 4.6 Analisis Pemasangan VSD (Variable Speed Drive)

Setelah dilakukan perbaikan faktor daya di Wendit 3 maka dilakukan upaya pemasangan VSD (*Variable Speed Drive*) pada motor pompa, karena upaya ini dirasa paling efisien untuk mengontrol aliran dikarenakan ketika kecepatan pompa dikurangi, konsumsi daya motor penggerak akan ikut berkurang. Dengan itu dilakukan analisa pada kapasitas rata – rata aliran air pada pompa, frekuensi variable yang diberikan VSD (*Variable Speed Drive*) dan daya operasional motor penggerak pompa. Sampel dipilih pada tanggal 4 April tahun 2017 pada PDAM Unit Wendit 1,2 dan 3.

##### 4.6.1 Penentuan Kapasitas VSD (Variabel Speed Drive)

1. Perhitungan  $Q_x$  (Kapasitas aliran air operasional pompa (Lt/det))

❖ Wendit 1 dan 2

- $Q_x$  (Kapasitas aliran air operasional pompa) frekuensi 45 Hz

$$\begin{aligned} Q_x &= \frac{F_{inv}}{F} \times Q \\ &= \frac{45}{50} \times 170 \\ &= 153 \text{ lt/det} \end{aligned}$$

❖ Wendit 3

- $Q_x$  (Kapasitas aliran air operasional pompa) frekuensi 45 Hz

$$\begin{aligned} Q_x &= \frac{F_{inv}}{F} \times Q \\ &= \frac{45}{50} \times 110 \\ &= 99 \text{ lt/det} \end{aligned}$$

2. Perhitungan  $P_x$  (Daya motor operasional (kW))

❖ Wendit 1 dan 2

- $P_x$  (Daya motor operasional) pada frekuensi 45 Hz

$$\begin{aligned} P_x &= \left( \frac{F_{inv}}{F} \right)^3 \times P \\ &= \left( \frac{45}{50} \right)^3 \times 200 \\ &= 145,8 \text{ kW} \end{aligned}$$

❖ Wendit 3

- $P_x$  (Daya motor operasional) pada frekuensi 45 Hz

$$\begin{aligned} P_x &= \left( \frac{F_{inv}}{F} \right)^3 \times P \\ &= \left( \frac{45}{50} \right)^3 \times 166 \\ &= 121 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan hubungan antara frekuensi  $F_{inv}$  ( $F_{inv}$ ),  $Q_x$  (Kapasitas aliran air operasional pompa (Lt/det)), dan  $P_x$  (Daya motor operasional (kW)) yang ditabelkan seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Hubungan antara  $F_{inv}$ ,  $Q_x$ , dan  $P_x$  Motor Wendit 1 dan 2

No	$F_{inv}$	$Q_x$ (Kapasitas Aliran Operasional pompa (lt/det))	$P_x$ (Daya Operasional Motor) (kW)
1	45	153	145,8
2	40	136	102,4
3	35	119	68,6
4	30	102	43,2
5	25	85	25
6	20	68	12,8
7	15	51	5,4
8	10	34	1,6

Dengan melihat tabel 4 dikatakan bahwa dalam penggunaan VSD dengan pengaturan kecepatan pompa akan mengakibatkan penurunan daya keluaran dari motor. Penurunan kecepatan juga akan mengakibatkan tekanan keluaran menurun dan beban dari pompa akan menurun.

Berdasarkan data analisa sebelumnya didapatkan bahwa kebutuhan kapasitas rata – rata aliran air yang dibutuhkan setiap harinya pada Wendit 1 adalah 139,07 lt/dt untuk setiap pompa, dan berdasarkan tabel 4.25 diatas kebutuhan tersebut berada antara 136 lt/dt s/d 153 lt/dt, artinya pengaturan kecepatan motor dengan menggunakan *Variable Speed Drive* diatur pada frekuensi antara 40 Hz s/d 45 Hz sehingga daya yang dibutuhkan untuk setiap pompanya bekerja adalah sebesar 102,4 kW s/d 145,8 kW.

Berdasarkan data analisa sebelumnya didapatkan bahwa kebutuhan kapasitas rata – rata aliran air yang dibutuhkan setiap harinya pada Wendit 2 adalah 126,46 lt/dt untuk setiap pompa, dan berdasarkan tabel 4.25 diatas kebutuhan tersebut berada antara 119 lt/dt s/d 153 lt/dt, artinya pengaturan kecepatan motor dengan menggunakan *Variable Speed Drive* diatur pada frekuensi antara 35 Hz s/d 45 Hz sehingga daya yang dibutuhkan untuk setiap pompanya bekerja adalah sebesar 68,6 kW s/d 145,8 kW

Tabel 5. Hubungan antara  $F_{inv}$ ,  $Q_x$ , dan  $P_x$  Motor Wendit 3

No	$F_{inv}$	$Q_x$ (Kapasitas Aliran Operasional pompa (lt/det))	$P_x$ (Daya Operasional Motor) (kW)
1	45	99	121
2	40	88	85
3	35	77	57
4	30	66	36
5	25	55	21
6	20	44	11
7	15	33	4,5
8	10	22	1,3

Berdasarkan data analisa sebelumnya didapatkan bahwa kebutuhan kapasitas rata – rata aliran air yang dibutuhkan setiap harinya pada Wendit 3 adalah 99,10 lt/dt untuk setiap pompa, dan berdasarkan tabel 5 diatas dapat diketahui bahwa rate maksimum aliran operasional pompa yang dapat dihasilkan ketika frekuensi diatur 45 Hz pada pompa hanya sebesar 99 lt/dt, yang berarti pemasangan VSD (*Variable Speed Drive*) pada PDAM Wendit Unit 3 tidak dibutuhkan.

#### 4.1 Analisis Peningkatan Efisiensi Produksi

Dari data debit aliran name plate motor pompa dan debit aliran keluaran diatas dapat dihitung nilai peningkatan efisiensi produksi, diambil sample Pada PDAM Unit Wendit 2 :

• Kondisi Awal

Berdasarkan tabel 4.21 hubungan flow meter dan daya keluaran motor didapatkan :  
 INPUT : 561,48 kW = 187,16 kW per motor  
 OUTPUT : 408,23 l/s = 136,07 l/s per motor

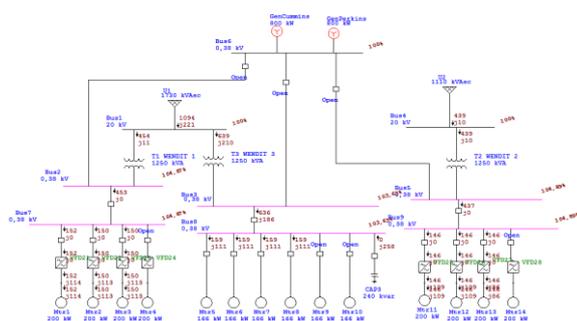
• Setelah Penggunaan VSD

Berdasarkan tabel 5 hubungan flow meter dan daya keluaran motor didapatkan :  
 INPUT : 145,8 kW per motor  
 OUTPUT : 153 l/s per motor  
 Per l/s ASLI :  $\frac{187,16 \text{ kW}}{136,07 \text{ l/s}} = 1,375 \text{ kW/l/s}$   
 Per l/s VSD :  $\frac{145,8 \text{ kW}}{153 \text{ l/s}} = 0,95 \text{ kW/l/s}$   
 Selisih : 1,375 – 0,95 : 0,425  
 Peningkatan Efisiensi :  $\frac{0,425}{1,375} \times 100\%$  : 30 %

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan peningkatan efisiensi setiap motor pompa sebesar 30% ketika dilakukan manajemen energi atau penambahan kecepatan variable pada motor pompa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan kecepatan variable pada motor pompa sangat disarankan pemasangannya pada motor pompa karena tidak menurunkan produksi air ke konsumen.

4.7 Analisis Rekomendasi Pemasangan

Berdasarkan analisis diatas penerapan manajemen energi listrik dapat dilakukan. Pemasangan VSD (*Variable Speed Drive*) pada PDAM Unit Wendit 1 dan 2 digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik dan pemasangan Kapasitor bank pada PDAM Unit Wendit 3 digunakan untuk mengurangi kelebihan kVAR yang dikonsumsi. Berikut simulasi load flow pada Etap 12.6 untuk kondisi rekomendasi pemasangan VSD (*Variable Speed Drive*) dan Kapasitor bank.



Gambar 4. Load Flow Kondisi Rekomendasi Pemasangan

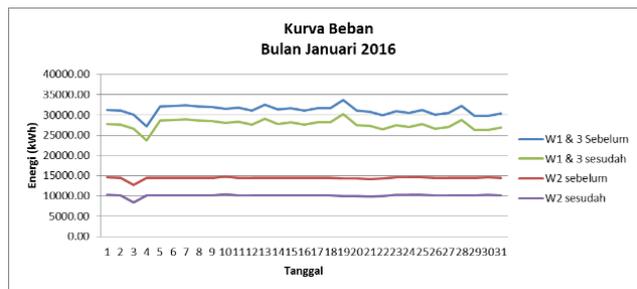
Dan hasil reportnya sebagai berikut

Tabel 6. Report Load Flow Rekomendasi Pemasangan

Kondisi	Unit	kW	kVAR	Amp	% PF	PF Sistem
		Flow	Flow	Flow		
BEBAN RIIL	Wendit 1	453	0	656	100	100
	Wendit 2	437	0	633,2	100	100
	Wendit 3	636	186	971,3	96	95

4.8 Analisis Penghematan Konsumsi dan Biaya Energi Listrik

Berikut ini kurva beban sebelum dan sesudah dilakukannya manajemen energi listrik.



Gambar 5. Kurva Beban Perbandingan Sebelum dan Sesudah Manajemen Energi pada Bulan Januari 2016

Berdasarkan pada grafik Kurva Beban diatas didapatkan penghematan konsumsi energi listrik sebesar 10,48% pada PDAM Unit Wendit 1 dan 3, dan untuk Wendit W sebesar 27,32%

4.2 Payback Period

Dari penghematan biaya diatas maka dapat dihitung payback period dari pemasangan VSD dan kapasitor tersebut.  
 = total investasi / penghematan perbulan  
 = Rp 1.986.895.200,- / Rp 224.464.442,-  
 = 8,76 bulan  
 = 9 bulan

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa di dapat beberapa kesimpulan :

1. Konsumsi energi listrik PDAM Unit Wendit 1 dan 3 sebelum diterapkannya manajemen energi listrik pada Bulan Januari 2016 adalah sebesar 1023133 kWh, Wendit 2 sebesar 491387 kWh.
2. Pemasangan VSD (*Variable Speed Drive*) pada PDAM Unit Wendit 1 dan 2 dapat meningkatkan efisiensi energi listrik sebesar 27,1% per motor, selain meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik pemasangan VSD (*Variable Speed Drive*) juga dapat meningkatkan efisiensi produksi sebesar 30% per motor.
3. Setelah diterapkannya manajemen energi pada PDAM Unit Wenit 1 dan 3 pada bulan Januari, konsumsi energi menjadi 913000 kWh sehingga dihasilkan penghematan energi listrik sebesar 10,48% terhadap daya total atau 109651 kWh/bulan bila dirupiahkan adalah Rp 115.583.624,-  
 Sedangkan untuk Wendit 2 konsumsi energi pada bulan Januari menjadi 357169 kWh, sehingga dihasilkan penghematan energi listrik sebesar 28,32% terhadap daya total atau 134218 kWh/bulan bila dirupiahkan adalah Rp 146.271.207,-

4. Perbaikan sistem yang direkomendasikan adalah dengan pemasangan VSD di Wendit 1 dan 2, dan pemasangan kapasitor bank diterapkan pada Wendit 3, setelah dipasang kapasitor bank besar faktor daya PDAM Unit Wendit 3 yang semula 0,82 menjadi 0,9 saat sistem beban terpasang. Dan untuk Lama waktu investasi kembali penerapan manajemen energi adalah 9 bulan. Dengan rata – rata peluang penghematan biaya sebesar Rp 224.464.442,-

## 5.2 Saran

1. Penulis memberikan saran agar pihak industri melakukan rekomendasi yang telah penulis buat
2. Penulis memberikan saran agar perlunya pemasangan alat ukur yang dapat merekap data sehingga mencegah terjadinya nilai minus pada PLN

---

## Daftar Pustaka

- [1] Terry, George R.( 1986), Asas-asas manajemen, Bandung : Alumni, 1986.
- [2] Peraturan Menteri Energi dan Sumber daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 tahun 2012,
- [3] Schneider Electric Chapter L Instalation Guide, 2009. 1
- [4] Fuji HVAC inverterfor Fans and Pumps, FRENIC-ECO Series, US LISTED MEH442d, Japan, 2006. 3
- [5] Syahid, A., Suryoatmojo, H., Ashari, M. (2011). Optimisasi Konsumsi Daya Multi Motor Induksi Tiga Fasa Penggerak Pompa Air Menggunakan Algoritma Genetika. 4
- [6] Malik, I.A., Hariyanto, N., Syahrizal. (2013). Analisis Penghematan Energi Motor Listrik di PT. X, I, 281-294. 5
- [7] Anindita, G., Setiawan, E., Syahid, A. (2016). Optimasi Energi pada Motor Induksi 3 Fasa dalam Memproduksi Kebutuhan Air (Studi Kasus di PDAM Karang Pilang Surabaya), I, 87-93. 6