

## ANALISA BEBAN TIDAK SEIMBANG DAN KONSERVASI ENERGI PADA UTILITAS MOTOR LISTRIK DI INDUSTRI FARMASI

(Studi Kasus : PT. XZY, tbk)

**Bambang Supradono<sup>1)</sup>, Achmad Solichan<sup>2)</sup>**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Semarang

### Abstract

*Use of utility electric motor in an industry become is a basic requirement, electric motor serves as a means of supporting drivers / mechanics of a tool such as pumps, chillers, conveyors etc. The electric motor takes energy consumption in the world's greatest industrial and motors is expected to use about 70% of the total electrical load in the industry. This research aims to analyze unbalanced load on electric motor and how to solve that problems. Unnecessary consumption of energy from the electric motor is usually caused inefficiencies and unbalanced load burden. For that we need ways to make conservation / energy saving programs.*

*Keywords: electric motor, inefficiency load, unbalanced load, energy conservation*

### 1. Pendahuluan

Dalam Kebijakan Energi Nasional yang dituangkan dalam Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006, salah satu kebijakan utamanya adalah konservasi energi. Adapun salah satu tergetnya adalah menurunkan elastisitas energi sebesar kurang dari satu pada tahun 2025. Elastisitas energi adalah perbandingan antara pertumbuhan energi terhadap pertumbuhan ekonomi. Elastisitas energi adalah salah satu indicator konservasi energi, semakin kecil nilai elastisitas energi berarti semakin efisien.

Sejalan dengan hal itu dunia industri harus mendukung prinsip-prinsip konservasi energy dengan melakukan manajemen energi yang didalamnya terdapat kegiatan audit energi dan implementasi hasil-hasilnya konservasi energi. Dari hasil survai bahwa sektor industri mempunyai potensi penghematan sekitar 10-30%. Beberapa perusahaan telah melakukan upaya peningkatan efisiensi energi terutama berkaitan dengan penggantian peralatan dan pengoperasian peralatan. Berkaitan peralatan yang di dunia industri yang banyak digunakan dan membutuhkan

konsumsi energi yang tinggi adalah motor listrik.

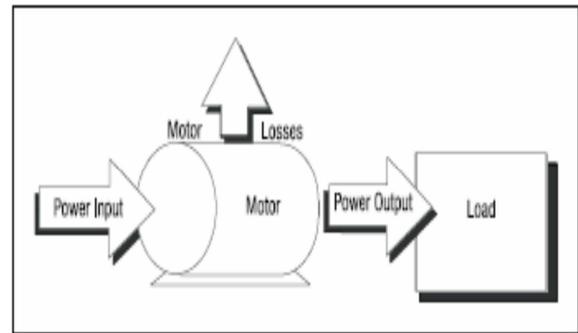
Motor listrik di dunia industri digunakan untuk menggerakkan *impeller*, *belt conveyor*, jaringan listrik, pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

PT. XYZ, Tbk termasuk salah satu dari 5 perusahaan yang pertama kali mendapat sertifikat cara pembuatan obat yang baik (CPOB) pada tahun 1990. Komitmen tinggi PT. XYZ terhadap standart kualitas dibuktikan lagi dengan memperoleh sertifikat ISO 9001 pada tahun 1999 yang, pada tahun 2002, kemudian ditingkatkan menjadi sertifikat ISO 9011 fersi 2000, dan seftifikat ISO 14001 pada tahun 2000. Dalam menunjang proses produksi dan aktifitas industri PT. XYZ menggunakan utilitas motor listrik untuk menggerakkan *impeller*, , *belt conveyor*, jaringan listrik, pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, fan angin) dan di industri.

Motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk melayani beban tertentu. Pada proses ini, kehilangan energi ditunjukkan dalam Gambar 1. di bawah ini :



Gambar 1. Kehilangan energi motor Efisiensi motor ditentukan oleh kehilangan dasar yang dapat dikurangi hanya oleh perubahan pada rancangan motor dan kondisi operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen. Tabel 1 memperlihatkan jenis kehilangan untuk motor induksi.

Tabel 1. Jenis Kehilangan pada Motor Induksi (BEE India, 2004)

Jenis kehilangan	Persentase kehilangan total (100%)
Kehilangan tetap atau kehilangan inti	25
Kehilangan variabel: kehilangan stator $I^2R$	34
Kehilangan variabel: kehilangan rotor $I^2R$	21
Kehilangan gesekan & penggulangan ulang	15
Kehilangan beban yang menyimpang	5

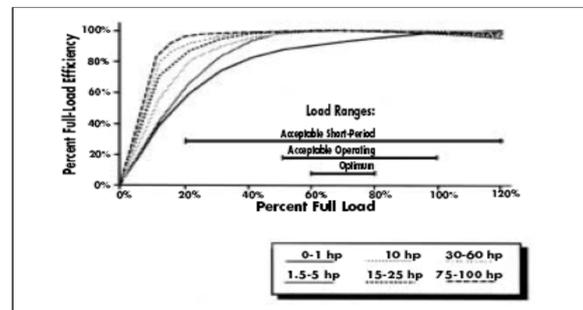
Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai “perbandingan keluaran daya motor yang digunakan terhadap keluaran daya totalnya.”

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah:

- Usia. Motor baru lebih efisien.
- Kapasitas. Sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
- Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
- Suhu. Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor *screen protected drip-proof* (SPDP)
- Penggulungan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi
- Beban, seperti yang dijelaskan dibawah

Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban. Pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban 75%. Tetapi, jika beban turun dibawah 50% efisiensi turun dengan cepat seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Mengoperasikan motor dibawah laju beban 50% memiliki

dampak pada faktor dayanya. Efisiensi motor yang tinggi dan faktor daya yang



Gambar 2. Efisiensi Beban Sebagian mendekati 1 sangat diinginkan untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah untuk seluruh pabrik, tidak hanya untuk motor.

Untuk alasan ini maka dalam mengkaji kinerja motor akan bermanfaat bila menentukan beban dan efisiensinya. Pada hampir kebanyakan negara, merupakan persyaratan bagi pihak pembuat untuk menuliskan efisiensi beban penuh pada pelat label motor. Namun demikian, bila motor beroperasi untuk waktu yang cukup lama, kadang-kadang tidak mungkin untuk mengetahui efisiensi tersebut sebab pelat label motor kadangkala sudah hilang atau sudah dicat.

Untuk mengukur efisiensi motor, maka motor harus dilepaskan

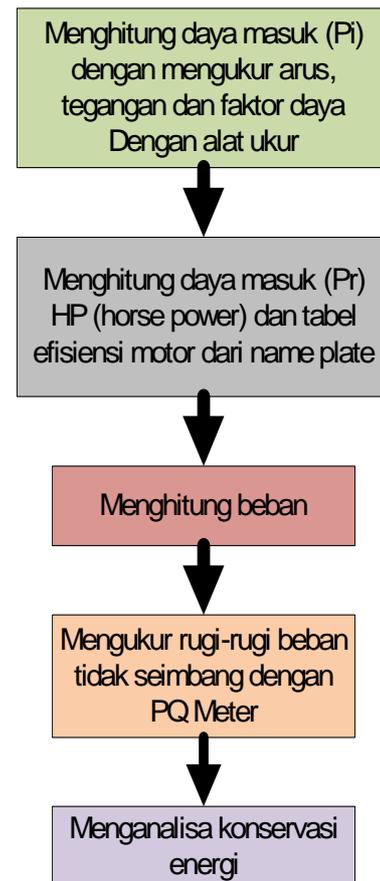
sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji. Hasil dari uji tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik kinerja standar yang diberikan oleh pembuatnya.

Jika tidak memungkinkan untuk memutuskan sambungan motor dari beban, perkiraan nilai efisiensi didapat dari tabel khusus untuk nilai efisiensi motor. Lembar fakta dari US DOE ([www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/10097517.pdf](http://www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/10097517.pdf)) memberikan tabel dengan nilai efisiensi motor untuk motor standar yang dapat digunakan jika pabrik pembuatnya tidak menyediakan data ini. Nilai efisiensi disediakan untuk:

- Motor dengan efisiensi standar 900, 1200, 1800 dan 3600 rpm
- Motor yang berukuran antara 10 hingga 300 HP
- Dua jenis motor: motor anti menetes terbuka/ *open drip-proof* (ODP) dan motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total/ *enclosed fan-cooled motor* (TEFC)
- Tingkat beban 25%, 50%, 75% dan 100%.

### 3. Metodologi

Untuk melakukan upaya konservasi energi dilakukan tahapan penelitian sebagaimana alur berikut ini :



Gambar 3. Flowchart upaya konservasi energi motor listrik

Karena sulit untuk mengkasji efisiensi motor pada kondisi operasi yang normal, beban motor dapat diukur sebagai indikator efisiensi motor. Dengan meningkatnya beban, faktor daya dan efisiensi motor bertambah sampai nilai optimumnya pada sekitar beban penuh.

## 4. Pembahasan

### 4.1 Motor Listrik Pengguna Energi Utama

#### a. Jenis dan Kapasitas motor

Jenis motor yang digunakan pada Chiller I, Chiller II, Pompa 3, pompa Bambang Supradono, Achmad Solichan

4, AHU 1-1, AHU 2-1, AHU 3-1 ialah menggunakan motor induksi rotor sangkar dan kapasitas motor dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini

Tabel 2. Kapasitas Motor

ITEM	Kebutuhan Daya Motor (kW)	RPM	Jml Motor	Keterangan
AHU 1-1	18.5	1470	1	-
AHU 2-1	45	1470	1	-
AHU 3-1	22	1470	1	-
POMPA 1	11	1440	1	For Chiller 1 & 2
POMPA 2	11	1440	1	For Chiller 1 & 2
POMPA 3	18,5	1440	1	For Chiller 3 & 4
POMPA 4	18,5	1440	1	For Chiller 3 & 4

- b. Beban operasi (konstan, berubah-ubah, heavy duty)

Beban operasi motor yang digunakan pada Pompa 1, Pompa 2, pompa 3, AHU 1-1, AHU 2-1, AHU 3-1 merupakan beban konstan.

- c. Sistem control (vsd)

System control motor yang digunakan pada Pompa 1, pompa 3, pompa 4, AHU 1-1, AHU 2-1, AHU 3-1, menggunakan pengasutan motor bintang-segitiga.

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh kinerja beban motor sebagaimana terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan beban motor

Peralatan	Pengukuran	Data Motor				Perhitungan
		Pi (kW)	P (kW)	V (Volt)	I (Amp)	
AHU 1-1	13,5	18,5	380	31,42	0,88	64%
AHU 2-1	21	45	380	74,56	0,88	42%
AHU 3-1	14	22	380	37,98	0,88	58%
Pompa 1	5	11	380	19,66	0,85	37%
Pompa 2	5	11	380	19,66	0,85	37%
Pompa 3	13	18,6	380	33,25	0,85	62 %
Pompa 4	14	18,6	380	33,25	0,85	63 %

Berdasarkan tabel Motor Listrik pada pompa 1, pompa 2 dan AHU 2-1 beroperasi pada pembebanan di bawah 50% yang relative rendah. Sehingga mengakibatkan pada motor meningkatkan rugi-rugi, menurunkan efisiensi motor dan faktor daya. Beban yang kurang mungkin merupakan penyebab yang paling umum ketidakefisiensian. Hal tersebut terjadi karena alasan-alasan sebagai berikut :

- a. Pembuat peralatan cenderung menggunakan faktor keamanan yang besar bila memilih motor.

Peralatan kadangkala digunakan dibawah kemampuan yang semestinya. (sebagai contoh: pembuat

peralatan mesin memberikan nilai motor untuk kapasi sehingga mengakibatkan hampir selamanya operasi dilakukan dibawah nilai beban.

- b. Dipilih motor yang besar agar mampu mencapai keluaran pada tingkat yang dikehendaki, bahkan jika tegangan masuk rendah dalam keadaan tidak normal.
- c. Dipilih motor yang besar untuk penggunaan yang memerlukan *torque* penyalaan awal yang tinggi akan tetapi lebih baik bila digunakan motor yang lebih kecil yang dirancang dengan *torque* tinggi.

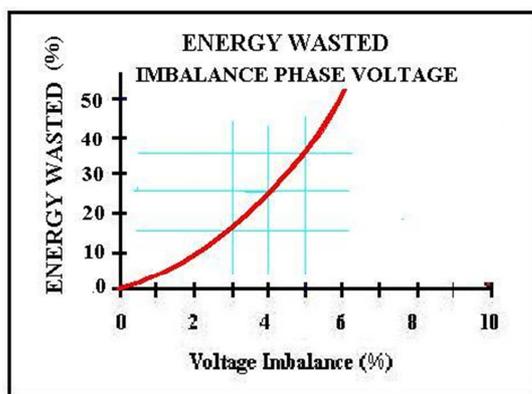
Tabel 4. Beban Tidak Seimbang Motor Listrik

	R	S	T	Unbalance
<b>AHU 1-1</b>				
V. (volt)	389	385	385	0.69%
I. (Ampere)	23	24	22	3.85%
P. (KW)	17	17.22	15.54	
S. (KVA)	18.16	19.61	18.15	
PF	0.936	0.878	0.856	
<b>AHU 2-1</b>				
V. (volt)	397	394	397	0.86%
I. (Ampere)	32	36	3.8	1.25%
P. (KW)	18.12	17.02	16.29	
S. (KVA)	19.63	18.13	17.46	
PF	0.923	0.939	0.933	
<b>AHU 3-1</b>				
V. (volt)	387	384	384	0.52%
I. (Ampere)	25	24	25	1.12%
P. (KW)	17.9	19	16.15	
S. (KVA)	18.36	20.26	17.46	
PF	0.975	0.938	0.925	
<b>POMPA 1</b>				
V. (volt)	392	387	387	0.86%
I. (Ampere)	9	9	7	8%
P. (KW)	17.1	19.51	16.89	
S. (KVA)	19.37	21.18	19.26	
PF	0.883	0.921	0.877	
<b>POMPA 2</b>				
V. (volt)	393	388	387	0.94%
I. (Ampere)	9	9	7	8%
P. (KW)	17.1	19.51	16.89	
S. (KVA)	20.43	22.00	18.12	
PF	0.837	0.887	0.932	

#### 4.2 Rugi-rugi akibat ketidakseimbangan tegangan

Ketidak seimbangan tegangan akan mengakibatkan aliran arus yang tidak merata antar fase-fase belitannya. Pengaruh tegangan tak seimbang ini adalah pemanasan terhadap motor listrik dan rugi-rugi energy (rugi-rugi besi) akan meningkat. Berikut hasil pengukuran ketidak seimbangan dari motor-motor listrik dengan alat *power analyzer*.

Jika dikorelasikan hasil pengukuran prosentasi ketidakseimbangan tegangan pada tabel 4 dengan gambar 4, energi yang terbuang pada gambar diperoleh energi yang terbuang rata-rata sekitar 2 %. Prosentasi ini sudah menunjukkan kerugian pembiayaan 2% penggunaan energi setiap harinya dan akan menimbulkan pemborosan bagi perusahaan



Gambar 4. Energi yang terbuang dari tegangan yang tidak imbang (sumber IEEE).

#### 4.3 Upaya konservasi energi pada motor listrik

Dari hasil pengukuran diperoleh tingkat pemborosan energi yang terbuang dari motor listrik untuk itu perlu dilakukan upaya-upaya penghematan energi/konservasi energi.

Tabel 5 Matriks upaya konservasi energi motor listrik.

No	Nama	Isu Konservasi	Hasil Audit	Potensi Konservasi Energi
1	Pompa 1 pompa 2 dan AHU 2-1	Peningkatan efisiensi motor	Pembebanan motor listrik cukup rendah yaitu 375 (masih di bawah 50%)	Mengganti motor listrik dengan efisiensi tinggi atau mengoperasikan motor listrik pada beban di atas atau sama dengan 50%
2	Pompa 3	Mengoptimalkan VSD yang sudah terpasang	Hanya berfungsi sebagai soft stater	Mengoptimalkan fungsi VSD tidak hanya sebagai soft stater
3	Pompa 4	Hemat energi	Pengasutan bintang segitiga	Pasang VSD
4	Panel tegangan rendah	Perbaiki mutu daya listrik	Munculnya arus netral dan adanya harmonik arus pada fasa netral	Menyeimbangkan beban dan pemasangan filter untuk memblok arus netral
5	Chiller	Hemat energi	Menggunakan Freon R22	Mengganti dengan hydrocarbon
6	Tim audit	Meningkatkan monitoring dan evaluasi konsumsi energi	Belum ada tim audit internal	Membentuk tim manajemen energi/tim audit energi internal dengan cara menambahkan fungsi-fungsi yang terkait dengan efisiensi energi tanpa harus menambah bagian organisasi baru

## 5. Kesimpulan

1. Peningkatan efisiensi motor pompa 1, pompa 2 dan AHU 2-1 karena pembebanan motor listrik karena pembebanan motor listrik cukup rendah yaitu 37% (masih di bawah 50%) sehingga dapat melakukan penggantian motor listrik dengan efisiensi tinggi atau mengoperasikan motor listrik pada beban di atas 50%
2. Peningkatan fungsi sebagai soft stater saja sehingga perlu mengoptimalkan fungsi VSD tidak hanya sebagai soft stater tapi juga sebagai pengendali motor
3. Peluang hemat energy dengan memasang VSD sebagai pengendali motor pada chiller 3
4. Peluang hemat energy dengan memasang VSD sebagai pengendali motor pada shiller 4
5. Penggantian Freon R22 dengan hydrocarbon pada chiller
6. Pembentukan tim audit atau menerapkan manajemen energy untuk monitoring dan evaluasi konsumsi energy, tim audit energi internal dengan cara menambahkan fungsi-fungsi yang terkait dengan efisiensi dan efektifitas energy. Tanpa harus

menambah bagan organisasi baru.

7. Perbaiki mutu daya listrik dengan menyeimbangkan beban (memasang filter) untuk membloking harmonisa arus netral

## Daftar Pustaka

- Abdurachim, Halim, Pasek, Darmawan Ari, dan Sulaiman, TA. 2002. *Audit Energi, Modul 2, Energi Conservation Efficiency And Cost Saving Course*, Bandung : PT. Fiqry Jaya Mandiri.
- Arismunandar, Wiranto. 1991. *Peyegaran Udara*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Badan Koordinasi Energi Nasional. 1983. *Buku Pedoman Tentang Cara-Cara Melaksanakan Konservasi Energi dan Pengawasannya*. Jakarta:
- Charles, M. Gottaschalk. 1996. *Industrial Energy Conservation*. Ltd.England: John Wiley&Sons Inc.
- Direktorat Pengembangan Energi. Petunjuk teknis konservasi energi; *Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi. Direktotat Jendral Pengembangan Energi.

Iskandar, Norman, TA. 2004. *Audit Energi di Hotel Grand Candi Semarang*.

semarang: Kanginan, Marthen. 1999. *Fisika untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia* – [www.energyefficiencyasia.org](http://www.energyefficiencyasia.org)

didownload tanggal 21 Januari 2007 pukul 21:22 WIB.

Zuhal. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.