

AUDIT ENERGI SISTEM KELISTRIKAN DI INDUSTRI BENANG

Achmad Hasan

Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi
BPPT Gedung II Lantai 20 Jl. M.H. Thamrin No.8 Jakarta 10340

E-mail: hasan_bppt@yahoo.com

Abstract

Energy audit is one way to plan for optimizing the supply and use of energy needed by the industry. Portrait of the use of electrical energy used in Industry supplied from PT.PLN (Persero) with the power contract for 23000 kVA and POJ Power Jatiluhur with installed capacity of 5800 kVA. Especially for electric energy supplied from POJ Power, status of electricity continues to be a contract with the manager of POJ Power Jatiluhur. Based on the results of measurement of power quality with PQA Hioki 3197 is as described in the previous section, it can be seen that: (a) Load unbalances seen from the voltage and current, (b) Fluctuating voltage magnitude at phase R, S and T. Even the voltage at Mill #2 reaches 238 V, (c) The power factor is quite good and it ranged from 0.90 to 0.93, (d) Total Harmonic Distortion (THD) voltage at Mill #2 lower the tolerance limit of 5%, while at Mill #3 exceeds the limit of tolerance (5.8%), (e) Voltage unbalance on Mill #2 and Mill #3 below the limit of tolerance (2.5%).

Kata kunci: audit, energi, listrik, faktor daya, penghematan, filter harmonik

1. PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi yang memanfaatkan energi secara efisien dan optimal dalam proses produksi, sangat berpengaruh terhadap biaya operasional. Karena energi adalah salah satu komponen penting dalam menunjang produksi di suatu perusahaan atau industri. Salah satu langkah yang signifikan pengaruhnya dalam upaya penghematan energi adalah melakukan audit energi yang merupakan suatu usaha untuk mendapatkan Gambaran secara menyeluruh mengenai situasi pemakaian energi dari suatu sistem dan atau fasilitas yang mengkonsumsi energi.

Audit energi merupakan salah satu cara untuk merencanakan optimalisasi penyediaan dan pemanfaatan energi yang dibutuhkan oleh industri, baik untuk industri kecil maupun menengah. Selain itu untuk mengoptimalkan alokasi energi dalam proses penciptaan nilai tambah dengan tujuan dapat dijadikan dasar dan pola perencanaan energi sektoral di industri yang bersifat dinamis dan terpadu sebagai bahan penyusunan strategi pengembangan energi, baik untuk jangka pendek, menengah maupun jangka panjang. (Anonim, 2006).

Tujuan utama perlu dilakukannya audit energi adalah untuk mengetahui antara lain neraca pemakaian energi, efisiensi peralatan

konversi energi, konsumsi energi spesifik, dan sumber-sumber pemborosan energi guna mendapatkan langkah-langkah penghematan energi yang layak untuk dilaksanakan. Hasil audit energi dari suatu sistem yang mengkonsumsi energi, akan didapatkan prosentase efisiensi energi listrik rata-rata untuk masing-masing peralatan energi utama disetiap unit. Secara umum, kinerja setiap unit peralatan energi utama dapat dibandingkan nilai efisiensi energi listriknya dan nilai konsumsi energi spesifiknya. (A. Herman, 2003).

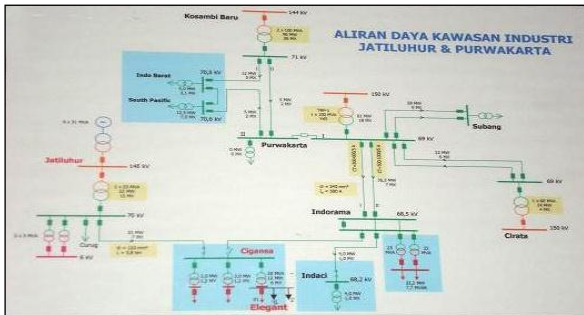
Makalah ini akan membahas kasus pelaksanaan audit energi listrik pada PT. Elegant Textile Industry yang memproduksi berbagai macam jenis benang berkualitas internasional.

2. BAHAN DAN METODE

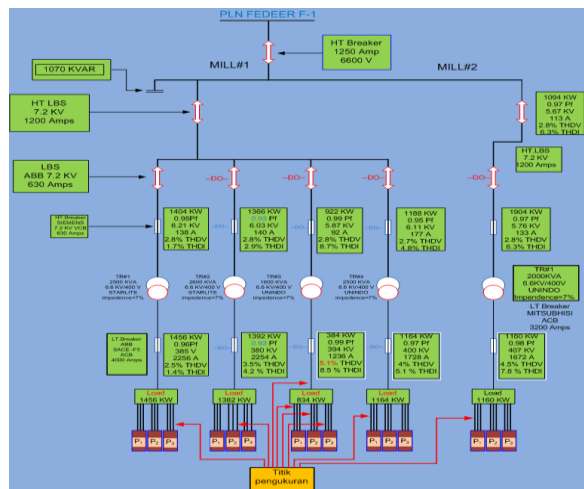
2.1. Sistem Kelistrikan

Sumber energi yang digunakan pada perusahaan tekstil PT. *Elegant Textile Industry* seluruhnya berasal dari energi listrik yang dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan kapasitas daya terpasang 23.000 kVA (Mill #1 dan Mill #2) dan POJ Power (Proyek Otoritas Jatiluhur) dengan daya terpasang 5800 kVA untuk Mill #3. Khusus untuk energi listrik yang dipasok dari POJ Power, status listriknya masih bersifat kontrak dengan

pengelola POJ Power Jatiluhur. *Single line diagram* aliran daya seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. *Single line diagram* POJ Power



Gambar 2. *Single line diagram* sistem kelistrikan

2.2. Kualitas Daya

Parameter kualitas daya yang menjadi dasardalam pengamatan merupakan spesifikasi teknis berikut yang mengacu pada WEC (WEC, 2001) yang meliputi fluktuasi tegangan, ketidakseimbangan tegangan, ketidakseimbangan arus beban, harmonik tenagdan dan harmonik arus

Fluktuasi tegangan, merupakan rentang perubahan tegangan maksimum dan minimum. Besarnya tegangan sangat berpengaruh terhadap pengoperasian suatu peralatan. Apabila tegangan yang dipasang ke beban melebihi tegangan nominalnya maka akan terjadi *over voltage* dan kemungkinan akan terjadi *gradien* tegangan yang lebih besar, yang bisa menyebabkan *discharge*. Sebaliknya bila tegangannya rendah jauh melebihi tegangan nominalnya, akan berakibat terhadap tidak berfungsinya peralatan listrik dengan baik, dan juga dapat menyebabkan arus lebih. Fluktuasi tegangan menunjukkan karaktersitik fluktuasi beban konsumen, semakin rendah fluktuasi

tegangan menunjukkan kondisi beban cukup baik demikian sebaliknya.

Ketidakseimbangan tegangan, merupakan prosentase perbedaan tegangan antar fasa. Ketidakseimbangan tegangan terjadi apabila tegangan tiap fasa mempunyai besar dan sudut tegangan yang tidak standar, sehingga tegangan antara fasa tidak sama. Ketidak seimbangan tegangan sangat berpengaruh terhadap beban tiga fasa seperti motor dan trafo. Hal ini akan menyebabkan kenaikan temperatur, rugi-rugi panas dan energi serta penurunan kemampuan operasi.

Ketidakseimbangan arus beban. Idealnya arus masing-masing fasa sebaiknya sama besar. Bila arus fasa tidak seimbang, maka akan berakibat terhadap pemanasan peralatan terutama pada transformator dan motor.

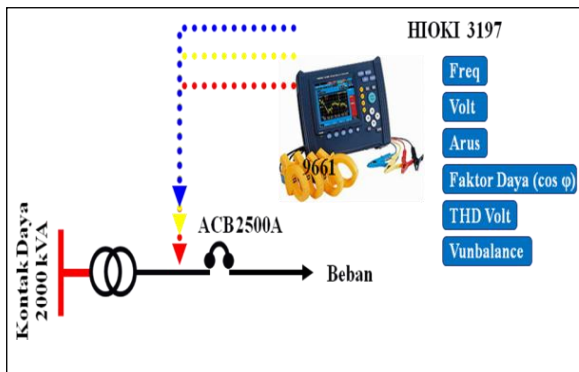
Faktor daya merupakan pergeseran fasa antara tegangan dan arus, yang didapatkan dari perkalian bilangan kompleksnya. Faktor daya dapat bersifat *leading* (arus mendahului tegangan) dan dapat juga *lagging* (arus tertinggal dari tegangan). Faktor daya *leading* disebabkan oleh beban yang bersifat kapasitif dan *lagging* karena beban induktif. Faktor daya yang rendah dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi pada saluran, tidak optimalnya kontrak daya (kVA) dan biaya tambahan akibat denda faktor daya.

Harmonik tegangan, merupakan gelombang distorsi yang merusak bentuk gelombang fundamental (sinusoidal) tegangan, sehingga bentuk gelombang tegangan menjadi buruk (tidak sinusoidal murni). Harmonik tegangan ini dapat menyebabkan terjadinya pemanasan dan kualitas operasi yang buruk pada kinerja peralatan.

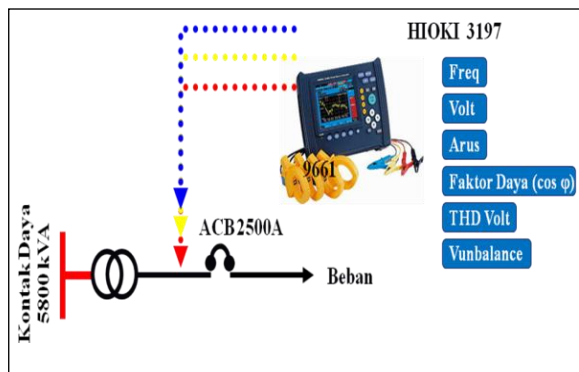
Harmonik arus merupakan gelombang distorsi yang merusak bentuk gelombang fundamental (sinusoidal) arus, sehingga bentuk gelombang arus menjadi buruk (tidak sinusoidal murni). Penyebab utama timbulnya harmonik adalah adanya peralatan listrik yang bersifat non linier, seperti komputer, inverter, UPS, DC Drive dan battery charger. Adanya harmonik arus ini dapat menyebabkan beberapa kerugian pada peralatan di antaranya *overheating*, penurunan *life time* peralatan dan rugi-rugi energi.

2.3. Metode Pengukuran

Metode pengukuran frekuensi, tegangan, arus, faktor daya, THD (*Total Harmonic Distortion*) tegangan, THD arus dan ketidakseimbangan tegangan di Mill #2 dan Mill #3 pada masing-masing fasa dengan alat ukur PQA (*Power Quality Analyzer*) HIOKI 3197 seperti diperlihatkan pada gambar di bawah.



Gambar 3. Titik pengukuran di Mill #2



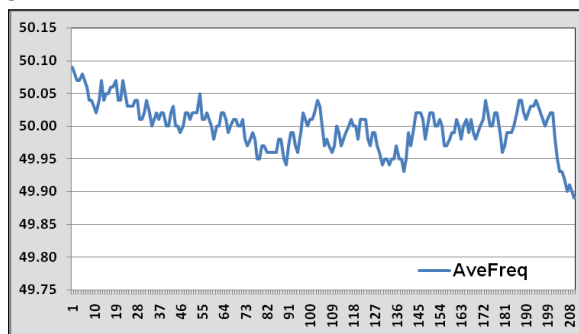
Gambar 4. Titik pengukuran di Mill #3



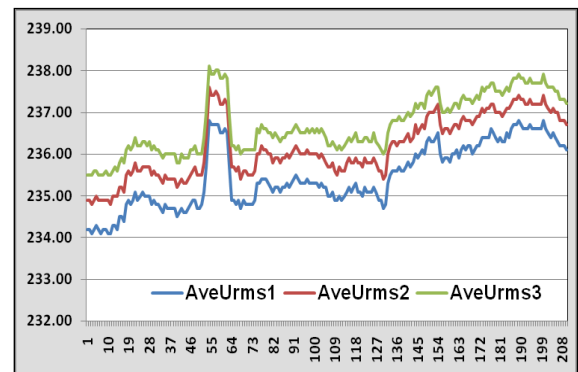
Gambar 5. Titik pengukuran pada trafo

3. Hasil Pengukuran

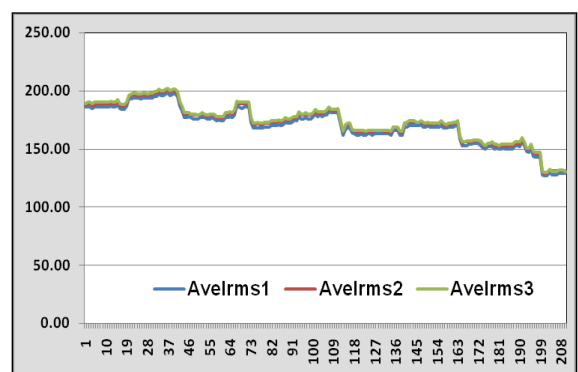
3.1. Mill #2



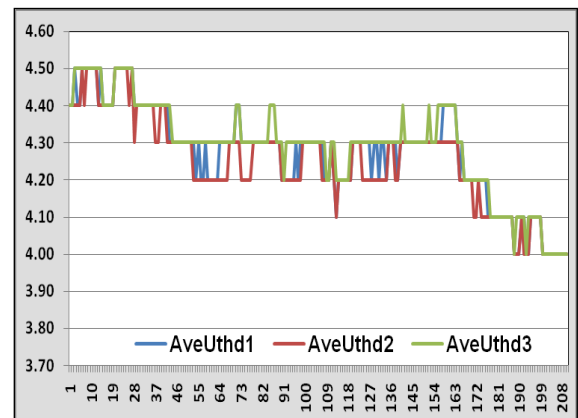
Gambar 6. Grafik frekuensi



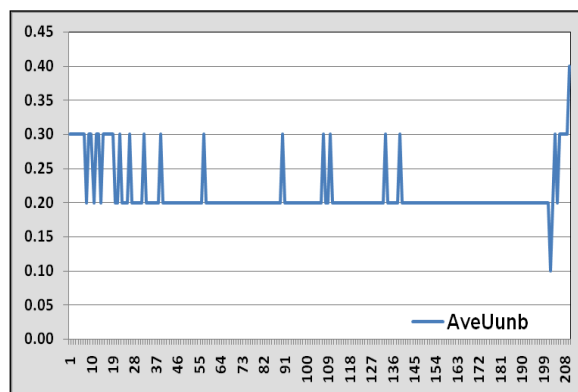
Gambar 7. Grafik tegangan fasa RST



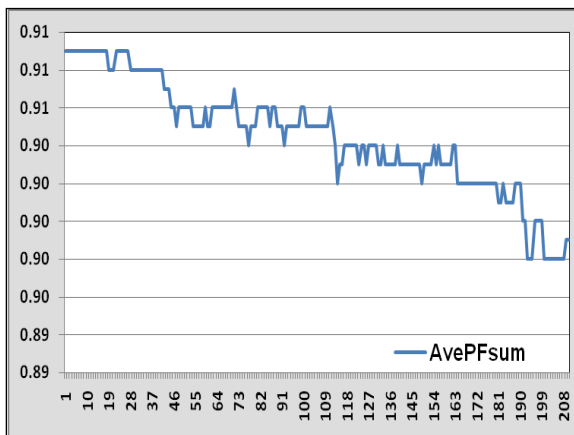
Gambar 8. Grafik arus fasa RST



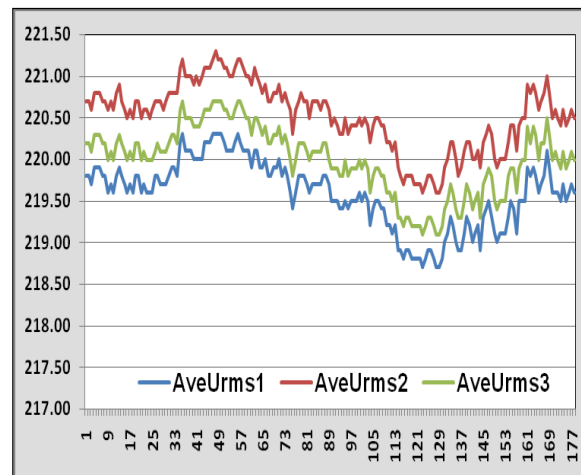
Gambar 9. Grafik THD tegangan



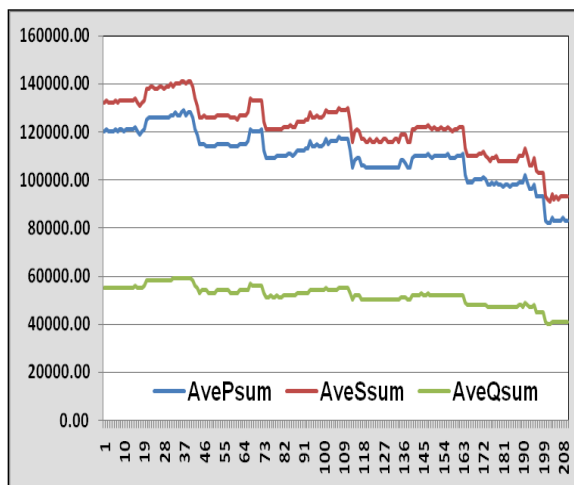
Gambar 10. Grafik ketidakseimbangan tegangan



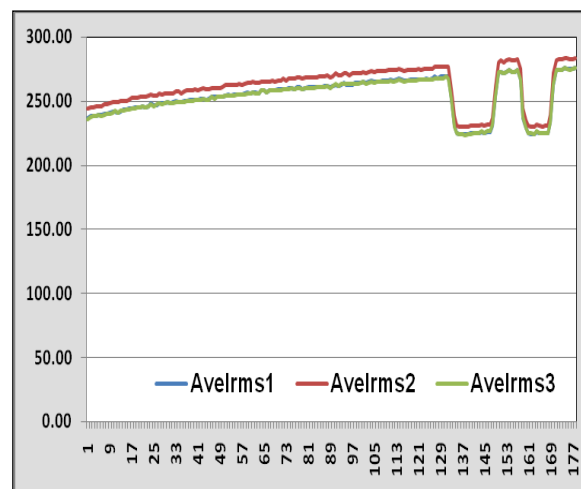
Gambar 11. Grafik faktor daya ($\cos\phi$)



Gambar 14. Grafik tegangan fasa RST



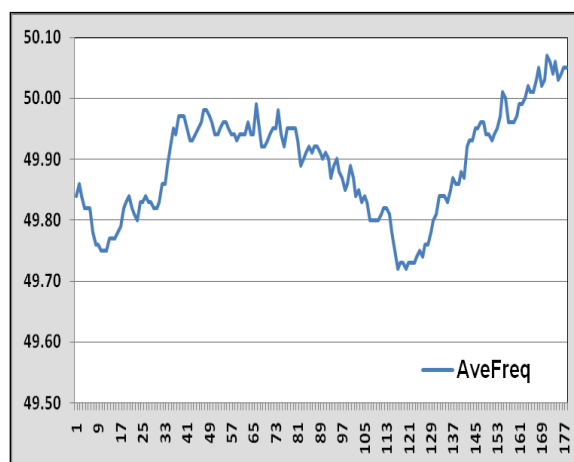
Gambar 12. Grafik PSQ



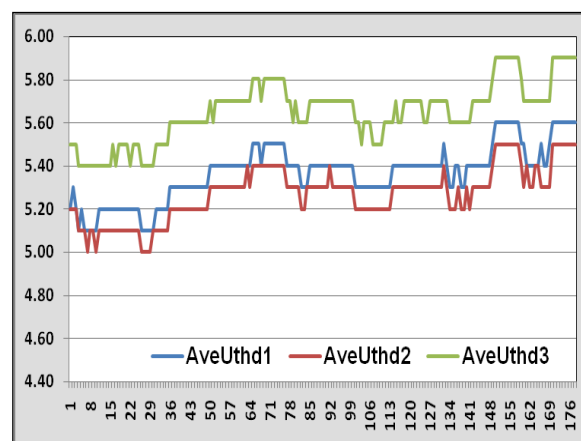
Gambar 15. Grafik arus fasa RST

dimana: P (Daya Aktif) = $V.I.\cos\phi$
 S (Daya Semu) = $V.I$
 Q (Daya Reaktif) = $V.I.\sin\phi$

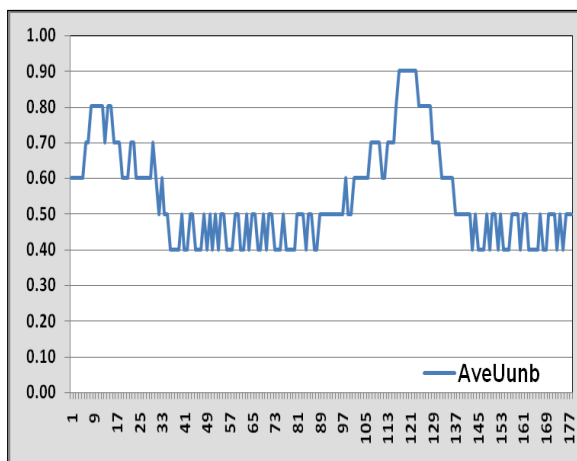
3.2. Mill #3



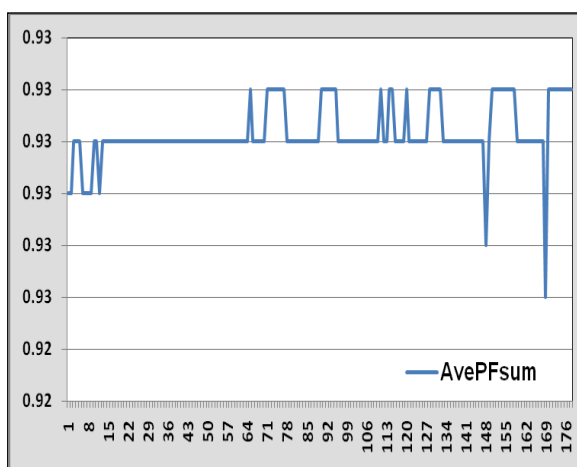
Gambar 13. Grafik frekuensi



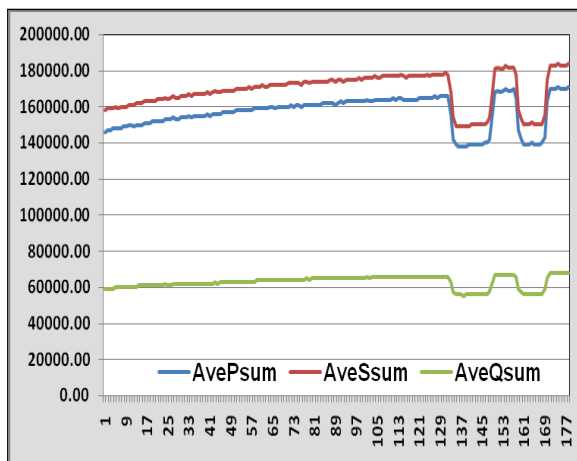
Gambar 16. Grafik THD tegangan



Gambar 17. Grafik ketidakseimbangan tegangan



Gambar 18. Grafik faktor daya ($\cos\phi$)



Gambar 19. Grafik PSQ

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan pada hasil pengukuran kualitas daya dengan PQA HIOKI 3197 seperti yang sudah dijelaskan pada bagian sebelumnya, maka

dapat dilihat bahwa terjadi ketidakseimbangan beban dilihat dari tegangan dan arus. Selain itu ditemukan magnitude tegangan berfluktuasi pada fasa R, S dan T bahkan tegangan pada Mill #2 mencapai 238 V.

Akan tetapi faktor daya cukup bagus yaitu berkisar 0,90 – 0,93. Jika diamati lebih jauh ternyata ditemukan *Total Harmonic Distortion* (THD) tegangan pada Mill #2 di bawah batas toleransi 5%, sedangkan pada Mill #3 melebihi batas toleransi (mencapai 5,8%). Ketidakseimbangan tegangan pada Mill #2 dan Mill #3 di bawah batas toleransi (2,5%).

4.2. Analisis Data Potensi Penghematan Energi

Dari survei dan pengamatan serta diskusi yang dilakukan di PT. Elegant Textile Industry, ada beberapa peluang potensi untuk penghematan (JICA and ECCJ, 2002) yang bisa dilakukan seperti dijelaskan berikut ini.

Adapun potensi penghematan untuk sistem kelistrikan adalah sebagai berikut. Hasil pengukuran harmonik pada Mill #2, menunjukkan bahwa THD tegangan di bawah batas toleransi 5%, sedangkan pada Mill #3 melebihi batas toleransi. Ketidak-seimbangan tegangan pada Mill #3 berada di bawah batas toleransi (2,5%), dan tegangan pada Mill #2 cukup tinggi hingga mencapai 238 V. Hal ini berdampak pada mesin-mesin akan cepat panas dan juga akan menimbulkan rugi-rugi. Munculnya harmonik ini juga akan membuat peralatan elektronik seperti *inverter* yang digunakan di industri cepat rusak.

Disarankan untuk memasang filter harmonik pada Mill #2 dan Mill #3. Karena pemasangan filter harmonik dapat memberikan penghematan sebesar 20%, tetapi dalam analisis disini hanya 10% penghematan saja yang akan dipertimbangkan. Seperti telah diberikan pada bagian sebelumnya bahwa daya aktual mesin benang adalah antara 100 sampai 120 kVA, dan bila diasumsikan efisiensi mesin 90%, maka *losses* akan menjadi $12 \times 0,7 = 8,4$ kW. Bila filter harmonik berkapasitas 50 kVar dipasang, maka penghematan energi yang diperoleh dalam satu jam adalah sebesar $8,4 \times 0,1 \times 1 = 0,84$ kWh, atau 7.257,6 kWh per tahun. Apabila pada Mill #2 dan Mill #3 dilengkapi masing-masing 2 unit filter harmonik (harga energi Rp. 440,- per kWh), maka keseluruhan penghematan yang diperoleh adalah 29.030,4 kWh per tahun atau Rp. 12.773.376,- dalam setahun dari energi yang dikonsumsi sebesar 290.304 kWh per tahun atau Rp. 127.733.760,- per tahun. Dengan perkiraan investasi sebesar Rp. 38.500.000,- akan memberikan *Pay Back Period* (PBP) selama 3(tiga) tahun.

Penggantian *ballast* lampu penerangan dari penggunaan *ballast* biasa menjadi *ballast* elektronik khususnya pada ruang kantor, *workshop* sekitar kurang lebih 150 titik lampu perlu juga dilakukan. Perubahan dari *ballast* konvensional ke *ballast* elektronik untuk lampu TL 36/40 watt, didapatkan selisih konsumsi daya sebesar 12 watt, dengan demikian didapatkan potensi penghematan sebesar 1.800 watt. Bila lampu tersebut digunakan selama 10 jam per hari, maka didapatkan potensi penghematan energi sebesar 12 watt x 10 jam x 150 unit x 22 hari x 12 bulan = 4.752 kWh. Bila harga energi Rp. 605,- per kWh, maka didapatkan potensi penghematan biaya sebesar Rp. 2.874.960,-. Penggantian *ballast* pada masing-masing lampu bila *ballast* lampu yang bersangkutan rusak. Dengan investasi sebesar Rp. 5.750.000,- maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) selama 2(dua) tahun.

Salah satu cara untuk mengontrol penggunaan energi adalah dengan menggunakan *Energy Management System* (EMS). (C.B. Smith, 1981). Industri seperti PT. Elegant Textile Industry dapat menggunakan EMS tipe standar dengan 10 titik monitoring. Investasi peralatan ini sekitar Rp 140.000.000,-. Bila peralatan ini dapat memonitor sistem operasi perusahaan sehingga dapat menghindari sebagian pemakaian energi listrik pada WBP (Waktu Beban Puncak). Diasumsikan, saat ini penggunaan energi saat beban puncak adalah 230.000 kWh/bulan. Bila dengan pemasangan EMS dapat mengurangi penggunaan energi pada WBP (asumsi: 15%), maka biaya energi listrik rata-rata yang dapat dihemat dalam sebulan adalah $0,15 \times 230.000 \text{ kWh} = 34.500 \text{ kWh}$ per bulan. Berdasarkan TDL Tahun 2010, harga energi listrik untuk jenis tarif I3 adalah LWBP = Rp. 680,- per kWh dan WBP = $k \times \text{Rp. 680,- per kWh}$. Dengan demikian potensi penghematan yang dapat diperoleh dengan cara ini adalah : $34.500 \text{ kWh} \times (\text{Rp. 952,-} - \text{Rp. 680,-}) = \text{Rp. 9.384.000,-}$ per bulan atau sebesar Rp. 93.840.000,- per tahun, maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) 1,4 tahun.

Keuntungan lain yang diperoleh dengan pemasangan EMS ini adalah dapatnya dilakukan beberapa hal antara lain identifikasi rugi-rugi energi (*identifying energy losses*), penyeimbangan pembebanan energi *online* (*online energy balancing*), perhitungan pembiayaan energi per unit *output* secara akurat, identifikasi potensi penghematan energi dengan perbaikan proses (*fine-tuning processes*) dan selain itu dapat dijadikan sebagai Sarana verifikasi kuantitatif pencapaian penghematan energi setelah instalasi EMS.

5. KESIMPULAN

Potret penggunaan energi yang digunakan pada perusahaan adalah sebagai berikut.

Kebutuhan energi listrik dipasok dari 2 (dua) sumber, yaitu dari PT. PLN (Persero) dengan kontrak daya sebesar 23.000 kVA dan POJ Power dengan kontrak daya sebesar 5.800 kVA, dengan total konsumsi energi listrik sebesar rata-rata sebesar 65.857.671 kWh per tahun.

Tegangan kerja kurang bagus yaitu antara 240-250 Volt, juga ketidakseimbangan tegangan masih rendah yaitu $< 2,5\%$. Rata-rata THD tegangan adalah 2% dan ini dapat dinyatakan kurang baik. Faktor daya sangat buruk yaitu mencapai 0,40.

Potensi penghematan energi yang dapat diidentifikasi pada perusahaan antara lain pemasangan filter harmonik pada Mill #1 untuk menghindari terjadinya panas tinggi pada mesin-mesin dan peralatan elektronik serta untuk mengurangi rugi-rugi (*losses*), penggantian *ballast* konvensional ke *ballast* elektronik untuk lampu TL, pemasangan alat monitoring EMS (*Energy Management System*) dan optimasi kapasitor bank untuk memperbaiki faktor daya pada beberapa *incoming feeder* transformator.

Dari hasil pengamatan lapangan, pengumpulan dan analisis data yang dilakukan serta kalkulasi terhadap beberapa peralatan pengguna energi utama, terdapat banyak peluang penghematan/ konservasi energi yang dapat dilakukan. Dalam waktu yang relatif singkat, analisis peluang konservasi energi tidaklah dapat dilakukan pada semua peralatan dan proses. Untuk itu improvisasi dan usaha internal haruslah dilakukan dengan berkesinambungan, sehingga proses optimal dan penggunaan energi yang efisien dapat dilakukan sendiri oleh perusahaan.

Tabel 1. Ringkasan Potensi Penghematan Energi

No.	Langkah-Langkah Penghematan Energi	Konsumsi Energi Listrik		Potensi Penghematan Energi				(Rp)	PBP (thn)
		kWh/thn	Rp/thn	kWh/thn (listrik)	% kWh	Rp/thn	%	Biaya Sedang	
1.	Pemasangan filter harmonik untuk 2 unit masing-masing kapasitas 10-120 kVA	290.304	127.733.760	29.030,40	10	12.773.376	10	38.500.000	3
2.	Penggantian ballast elektronik untuk 150 unit	4.752	2.874.960	617,76	13	373.745	13	5.750.000	2
3.	Pemasangan EMS di 10 titik monitoring	414.000	93.840.000	62.100,00	15	14.076.000	15	140.000.000	1,5
	Total	709.056	224.448.720	91.748,16		27.223.121		184.250.000	

Informasi pada Tabel 1 merupakan ringkasan peluang konservasi energi yang dapat dilakukan dan perkiraan nilai penghematan energi dan biaya serta nilai investasi yang diperlukan. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa total konsumsi energi listrik per tahun sebesar 562.320 kWh atau setara dengan Rp. 122.087.520,- dan potensi penghematan energi listrik per tahun sebesar 77.027 kWh atau setara dengan Rp. 15.081.451,-. Didapat total penghematan per tahun sebesar 13,7%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. *Outlook Energy*. University of Indonesia. Depok. 2006..
- Herman A, et al., 2003. *Hasil Audit Energi Direct Reduction Plant*. UPT-LSDE, Puspiptek, Serpong, Tangerang
- JICA and ECCJ, 2002. *Energy Efficiency and Conservation*. Textbook, Page 2 of 5, Japan
- Smith, C.B., 1981. *Energy Management Principles*. Pergamon Press, UK.
- WEC, 2001. *Energy Efficiency Policies and Indicators*. Report by the World Energy Council, Australia.