

POTENSI PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK DI INDUSTRI KARPET

Achmad Hasan

Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

e-mail: a_hasan@webmail.bppt.go.id,hasan_bppt@yahoo.com

Abstract

Potential energy savings 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 carpet industry supplied from PT.PLN (Persero) with the power contract for 1730 kVA through 2 pieces of the transformer with electrical energy consumption by an average of 19,979,941 kWh per year. Supplies of gas / diesel fuel oil for boiler feed of 1.4537 million m³ per year with a calorific value of 6 tons / hour and 900 liters of diesel oil per year. Working voltage is still in the allowed range, while for the voltage unbalance is still low at under 2.5% and total harmonic distortion voltage is still low at 2% and this can be expressed less well and there are low power factor at some expense. In case: PT.Classic Prima Carpet Industries.

Kata kunci: energi, listrik, penghematan, filter harmonik, konversi, konservasi

1. PENDAHULUAN

Dengan semakin meningkatnya penggunaan energi seiring dengan berkembangnya perekonomian dan industri, maka disadari pula pentingnya penghematan energi pada sisi pemakai. Hal ini tertuang dalam Instruksi Presiden (Inpres) No. 9 tahun 1982 tertanggal 7 April 1982, yang dikeluarkan oleh Pemerintah Republik Indonesia, tentang Konservasi Energi. Inpres ini terutama ditujukan terhadap pencahayaan gedung, AC, peralatan dan perlengkapan kantor yang menggunakan listrik, dan kendaraan dinas. (Bakoren, 1998).

Instruksi Presiden No. 9 tahun 1982 tersebut kemudian diperkuat dengan Keputusan Presiden No. 43 tahun 1991 tentang Konservasi Energi, yang isinya merinci lebih jauh petunjuk langkah-langkah konservasi energi melalui kampanye hemat energi, pendidikan dan latihan (Diklat) konservasi, peragaan dan contoh peralatan hemat energi, penelitian dan pengembangan (Litbang) teknologi konservasi, pengembangan sistem audit energi, identifikasi potensi peningkatan efisiensi dan standarisasi

Keputusan Presiden No. 43 tahun 1991 ini, selain mencakup aspek teknis, juga mencakup aspek pelaksanaan dan implementasi seperti kebijakan di bidang investasi, perkreditan, serta harga dan tarif energi. Selanjutnya Instruksi Presiden (Inpres) No. 10 tahun 2005, tentang Penghematan Energi, dikeluarkan dengan mempertimbangkan potensi ancaman krisis

energi listrik karena pasokan listrik yang tersedia, yaitu kapasitas terpasang, tidak mampu mengimbangi pertumbuhan permintaan konsumsi listrik nasional dengan pertumbuhan rata-rata 7% per tahun. Kebutuhan energi listrik dari dua sektor utama yaitu rumah tangga dan industri, bahkan mengalami peningkatan dengan laju kenaikan rata-rata 10% – 15% per tahun.

Inpres No. 10 tahun 2005 tersebut di atas dikeluarkan sebagai langkah Pemerintah untuk menjamin ketahanan dan kecukupan pasokan energi di dalam negeri, dalam rangka memelihara kelangsungan perekonomian nasional, yang diikuti dengan Peraturan Menteri No. 0031 tahun 2005, tentang Tata Cara Pelaksanaan Penghematan Energi, yang mengatur konservasi energi pada instansi pemerintah dan masyarakat pada umumnya. (DESDM, 2003).

Kegiatan audit energi ini adalah untuk mewujudkan penghematan energi pada industri karpet pada umumnya, khususnya di PT.Classic Prima Carpet Industries melalui langkah-langkah konservasi yang terarah, realistis, sistematis dan dapat dilaksanakan secara optimal. Selain itu, untuk memberikan insentif kepada peserta Program Kemitraan Konservasi Energi pada sektor industri karpet khususnya PT.Classic Prima Carpet Industries yang memiliki komitmen untuk melaksanakan penghematan energi melalui bantuan teknis audit energi. Lingkup kegiatan ini adalah untuk melakukan audit energi

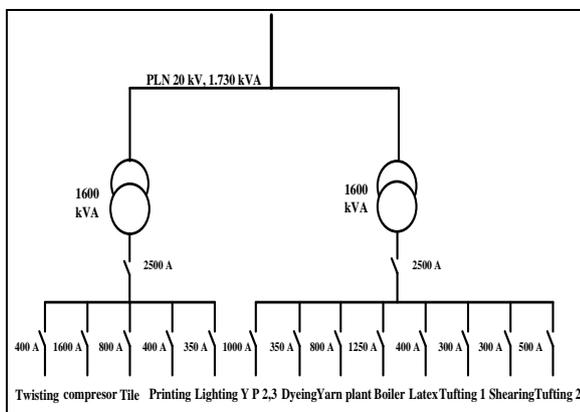
pada industri karpet PT. Classic Prima Carpet Industries. Adapun tahapan yang dilaluid alam rangka kegiatan audit energi meliputi langkah-langkah seperti diuraikan berikut ini.

- Melakukan survei dan pengumpulan data lapangan (*on the spot data*) untuk mengetahui profil penggunaan energi di industri, mengidentifikasi titik pemborosan energi, mengidentifikasi peluang penghematan energi pada setiap tahapan proses produksi, mengetahui kinerja efisiensi penggunaan energi (*energy performance*), membuat rekomendasi langkah-langkah penghematan energi dengan kriteria tanpa biaya dan atau biaya rendah, biaya sedang, dan biaya tinggi yang akan dapat ditindak lanjuti oleh pihak industri.
- Menganalisis dan mengkaji potensi penghematan energi dan menentukan *benchmark* intensitas konsumsi energinya.
- Menentukan prioritas penerapan konservasi energi yang layak (*feasible*) untuk dilaksanakan dan melakukan analisis tekno-ekonomi dan finansial dengan mempertimbangkan *net benefit and cost (B/C) ratio*, *net present value (NPV)*, *internal rate of return (IRR)*, *sensitivity analysis*, serta *payback period*.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Sistem Kelistrikan

Sumber energi yang digunakan pada PT. Classic Prima Carpet Industries terdiri atas energi listrik dan energi termal. Energi listrik dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan kapasitas daya terpasang 1.730 kVA. Energi listrik untuk proses produksi dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan tegangan 20 kV melalui 2 (dua) buah transformator. *Single line diagram* energi listrik di PT. Classic Prima Carpet Industries seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Single line diagram* sistem kelistrikan

2.2. Kualitas Daya

Berdasarkan referensi (ESCAP, 1998) mengenai parameter kualitas daya yang menjadi perhatian adalah seperti yang diuraikan berikut ini.

Fluktuasi tegangan, merupakan rentang perubahan tegangan maksimum dan minimum. Besarnya tegangan sangat berpengaruh terhadap pengoperasian suatu peralatan. Apabila tegangan yang dipasok ke beban melebihi tegangan nominalnya maka akan terjadi *over voltage* dan kemungkinan terjadinya gradien tegangan lebih besar, dan 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 karakteristik fluktuasi beban konsumen, semakin rendah fluktuasi tegangan menunjukkan kondisi beban cukup baik.

Ketidakeimbangan tegangan, merupakan prosentase perbedaan tegangan antar fasa. Ketidakeimbangan 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.

Ketidakeimbangan 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.

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.

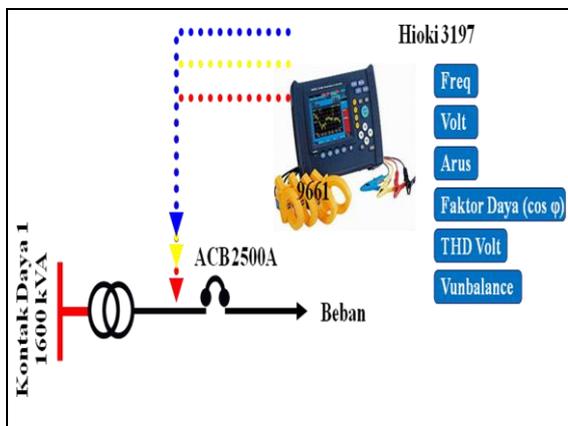
Harmonik arus merupakan gelombang distorsi yang merusak bentuk gelombang fundamental (sinusoidal) arus, sehingga bentuk gelombang arus menjadi buruk (tidak sinusoidal murni). Penyebab utama timbulnya harmonik adalah adanya peralatan listrik yang bersifat non linier, seperti komputer, inverter, UPS, DC 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.

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.

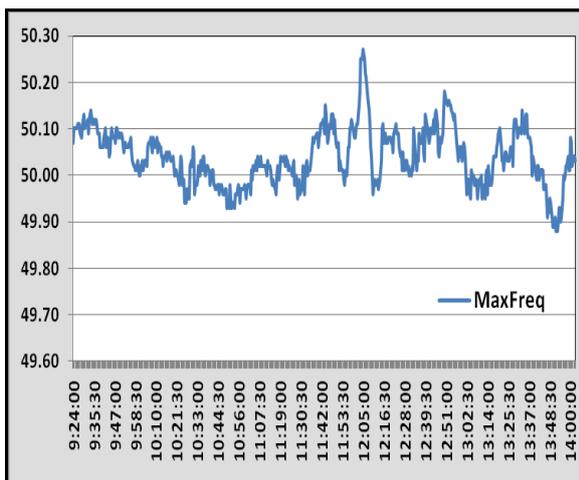
2.3. Metode Pengukuran

Metode pengukuran frekuensi, tegangan, arus, faktor daya, THD (Total Harmonic Distortion) tegangan, ketidakseimbangan tegangan di MDP (Main Distribution Panel) #1 (trafo 1) dan #2 (trafo 2) pada masing-masing fasa dengan alat ukur PQA Hioki 3197 seperti diperlihatkan pada gambar berikut ini.

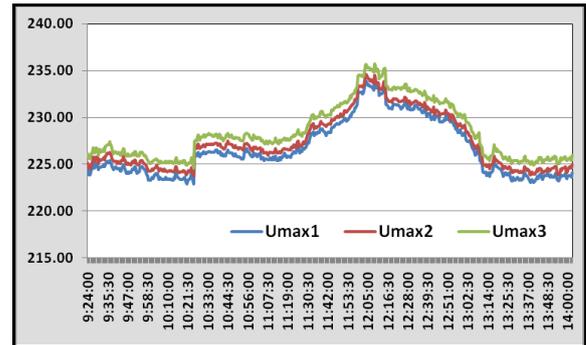


Gambar 2. Titik pengukuran

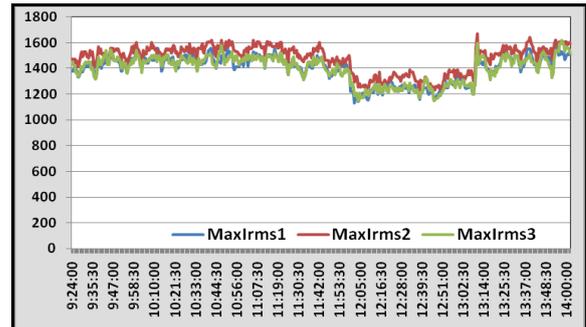
Adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3-9 berikut ini.



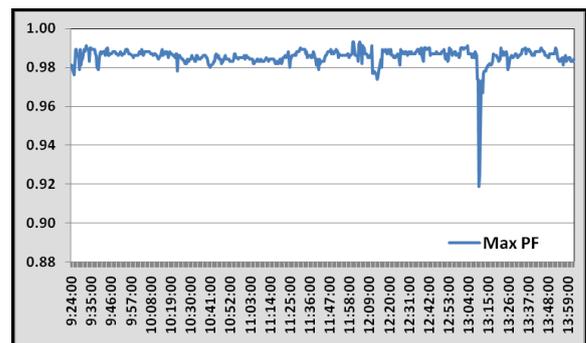
Gambar 3. Grafik frekuensi



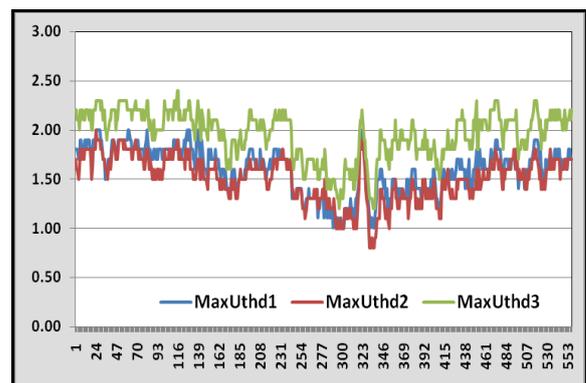
Gambar 4. Grafik tegangan



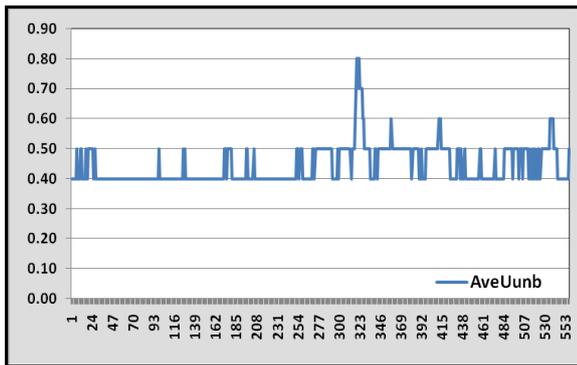
Gambar 5. Grafik arus



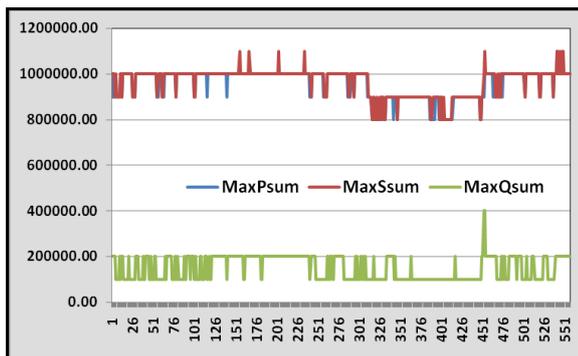
Gambar 6. Grafik faktor daya (cos φ)



Gambar 7. Grafik THD tegangan



Gambar 8. Grafik ketidakseimbangan tegangan

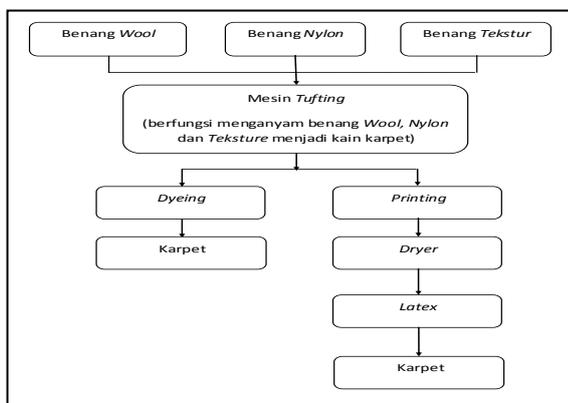


Gambar 9. Grafik PSQ

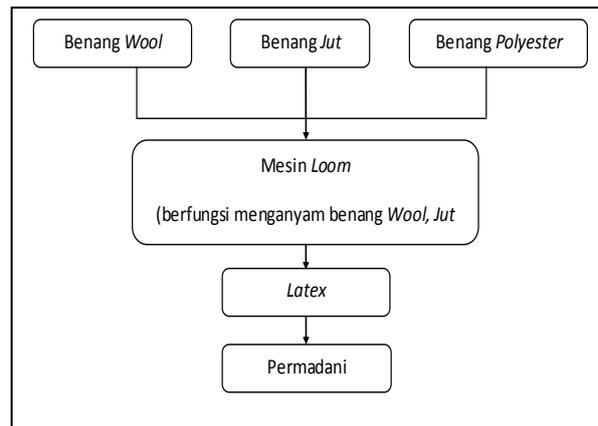
dimana: P (Daya Aktif) = $V.I.\cos\phi$
 S (Daya Semu) = $V.I$
 Q (Daya Reaktif) = $V.I.\sin\phi$

2.4. Proses Pembuatan Karpet

Berbagai jenis karpet seperti *tufted carpet*, *woven carpet* dan *needle punched carpet* yang diproduksi oleh industri ini dibuat dan diolah dengan menggunakan bahan baku benang jenis BCFP dimana 50% bahan bakunya dibuat sendiri, sedangkan sisanya impor. Pada Gambar 10 dan Gambar 11 diperlihatkan proses produksi pembuatan karpet dan permadani.



Gambar 10. Diagram alir proses pembuatan karpet



Gambar 11. Diagram alir proses pembuatan permadani

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. 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 pada MDP #1 trafo1.

Hal lain yang ditemukan selama pengamatan adalah magnitude tegangan berfluktuasi pada trafo 1 fasa R, S dan T. Bahkan tegangan mencapai 235 V pada fasa T.

Namun faktor daya bagus yaitu berkisar 0,98. Faktor daya terendah mencapai 0,97 dan tertinggi mencapai 0,99. *Total Harmonic Distortion* (THD) tegangan dan arus pada fasa T cukup tinggi (melebihi 2%). Sedangkan ketidakseimbangan tegangan berada di bawah batas toleransi (2,5%).

3.2. Analisis Data Potensi Penghematan Energi

Dari survei dan pengamatan serta diskusi yang dilakukan di PT. Classic Prima Carpet Industries, ada beberapa peluang potensi untuk penghematan untuk sistem kelistrikan (WEC, 2001) yang bisa dilakukan seperti dijelaskan berikut ini.

Hasil pengukuran harmonik di MDP #1 trafo 1, menunjukkan bahwa ketidakseimbangan tegangan berada di bawah batas toleransi (2,5%), THD tegangan dan arus fasa T sudah melebihi 2%, serta magnitude tegangan berfluktuasi bahkan mencapai 235 V pada fasa T. 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 pada MDP #1 dan MDP #2. 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 karpet 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 MDP trafo 1 dan trafo 2 sebagai pembagi beban pada mesin karpet sebanyak 2 unit ingin dilengkapi filter harmonik (harga energi Rp. 440,- per kWh), maka keseluruhan penghematan yang diperoleh adalah 14.515,2 kWh per tahun atau Rp. 6.386.688,- dalam setahun dari energi yang dikonsumsi sebesar 145.152 kWh per tahun atau Rp. 63.866.880,- per tahun. Dengan perkiraan investasi sebesar Rp. 20.000.000,- akan memberikan *Pay Back Period* (PBP) 3,1 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 $12 \text{ watt} \times 10 \text{ jam} \times 150 \text{ unit} \times 22 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan} = 4.752 \text{ kWh}$. 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. 7.200.000,- maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) 2,5 tahun.

Salah satu cara untuk mengontrol penggunaan energi adalah dengan menggunakan *Energy Management System* (EMS). (C.B. Smith, 1981). Industri seperti PT. Classic Prima Carpet Industries dapat menggunakan EMS tipe standar dengan 13 titik monitoring. Investasi peralatan ini sekitar Rp 150.000.000,-. Bila peralatan ini dapat memonitor sistem operasi perusahaan sehingga dapat menghindari sebagian pemakaian energi listrik pada WBP (Waktu Beban Puncak).

Saat ini penggunaan energi 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. 121.992.000,- 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*), sebagai Sarana verifikasi kuantitatif pencapaian penghematan energi setelah instalasi EMS.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan dan pengukuran yang telah dilakukan selama program audit dijalankan dapat disimpulkan potret penggunaan energi pada perusahaan sebagai berikut.

Kebutuhan energi listrik dipasang dari 1 (satu) gardu PLN dengan kontrak daya adalah 1.730 kVA, 20 kV melalui 2 (dua) buah transformator dengan konsumsi energi listrik rata-rata sebesar 19.879.941 kWh per tahun.

Adapun tegangan daya ternyata masih baik yaitu antara 223 -235 Volt (berada pada rentang yang diperbolehkan), juga ketidakseimbangan tegangan masih rendah yaitu $< 2,5\%$. Rata-rata THD tegangan adalah 2% dan ini dapat dinyatakan kurang baik. Faktor daya sangat bagus yaitu mencapai 0,98-1,00, namun terdapat juga faktor daya rendah pada beberapa beban.

Mengenai potensi penghematan energi yang telah berhasil diidentifikasi pada perusahaan antara lain pemasangan filter harmonik pada MDP #1 dan MDP #2 untuk menghindari terjadinya panas tinggi pada mesin-mesin dan peralatan elektronik serta untuk mengurangi rugi-rugi, 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				Biaya Imple- menta- si Biaya Sedan- g	PBP (thn)
		kWh/thn	Rp/thn	kWh/thn (listrik)	% kWh	Rp/thn	%		
1.	Pemasangan filter harmonik untuk 2 unit masing-masing berkapasitas 100-120 kVA	145.152	63.866.880	14.515,20	10	6.386.688	10	15.000.000	2,5
2.	Penggantian ballast elektronik untuk 150 titik lampu	4.752	2.874.960	617,76	13	373.745	13	6.000.000	2
3.	Pemasangan EMS di 9 titik monitoring	414.000	84.456.000	62.100,00	15	12.668.400	15	100.000.000	1,2
	Total	563.904	151.197.840	77.232,96		19.428.833		121.000.000	

Tabel 1 merupakan ringkasan peluang konservasi energi yang dapat dilakukan dan perkiraan nilai penghematan energi dan biaya serta nilai investasi yang diperlukan. Dari Tabel di atas, dapat diketahui bahwa total konsumsi energi listrik per tahun sebesar 563.904 kWh atau setara dengan Rp. 151.197.840,- dan potensi penghematan energy listrik per tahun sebesar 77.232,96 kWh atau setara dengan Rp. 19.428.833,-. Didapat total penghematan per tahun sebesar 13,69%.

DAFTAR PUSTAKA

Bakoren, 1998. *Kebijaksanaan Umum Bidang Energi (KUBE)*. Badan Koordinasi Energi Nasional, Jakarta.

DESDM, 2003. *Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.

ESCAP, 1998. *Cogeneration: Pollution Control and Energy Efficiency*. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific.

Smith, C.B., 1981. *Energy Management Principles*. Pergamon Press, UK.

WEC, 2001. *Energy Efficiency Policies and Indicators*. Report by the World Energy Council, Australia.