

# IDENTIFIKASI POTENSI PENGHEMATAN ENERGI DI INDUSTRI KERTAS

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

*Identify potential energy savings is one way to optimize the supply and use of energy in industrial sector. Electrical energy supplied by PT. PLN (Persero) with installed power capacity of 30,000 kVA. Electrical energy to the production process with a voltage of 20 kV through 11 (eleven) units transformer. Based on the results of power quality measurements with HIOKI 3197 and HIOKI 3286-20 show as seen in the previous section, it can be seen that: (a) load unbalances seen from the voltage and current in the transformer MCC-01 and the transformer E-34. (b) magnitude fluctuating voltage on the main transformer phase S and T. Even the relatively high voltage (up to 233 V) on the transformer lighting. (c) the power factor is around 0.92 is good enough, but the power factor at the transformer low enough E-34 which reached 0.56. The power factor on transformer lighting value -1 (leading). (d) total harmonic distortion (THD) voltage and current transformer at some fairly high beyond the limit of tolerance. There are several potential energy savings that can be identified, among others: decrease the voltage and current THD, reduction of reactive power consumption in lighting, improved load balancing.*

**Kata kunci:** energi, listrik, faktor daya, penghematan, filter *harmonic*

## 1. PENDAHULUAN

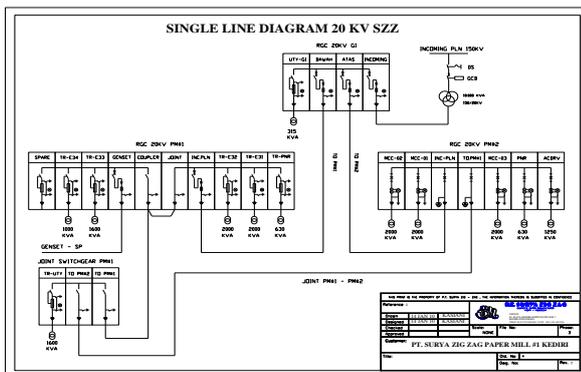
Identifikasi potensi penghematan energi merupakan salah satu cara untuk merencanakan optimalisasi penyediaan dan pemanfaatan energi yang dibutuhkan di sektor industri, baik untuk industri kecil maupun menengah. Selain itu untuk mengoptimalkan alokasi energi dalam proses penciptaan nilai tambah dengan tujuan dapat tersusunnya pokok-pokok pikiran. Selanjutnya dapat dijadikan dasar dan pola perencanaan energi sektoral di industri yang bersifat dinamis dan terpadu sebagai bahan penyusunan strategi pengembangan energi di sektor tersebut, baik untuk jangka pendek, menengah maupun jangka panjang (H. Pape, 1999). Industri yang peralatan produksi utamanya mengkonsumsi energi terbesar merupakan industri yang padat energi. Dengan semakin ketatnya persaingan antara industri yang sejenis dalam pemasaran produknya, maka peningkatan kemampuan daya saing dapat diperoleh dari keselarasan harga produk dengan kualitasnya menurut konsumen. Terus meningkatnya harga energi mengakibatkan keselarasan tersebut memberatkan konsumen.

Perusahaan terus berupaya menurunkan biaya energi (ongkos produksi) guna untuk mengantisipasi kenaikan harga energi dan kebocoran penggunaan energi. Namun diperlukan aktifitas alternatif agar usaha penurunan biaya energi dapat lebih ditingkatkan dalam bentuk program konservasi energi jangka panjang di perusahaan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut harus dilakukan kegiatan audit energi agar dapat diidentifikasi dan dikuantifikasi (dihitung) konsumsi energi secara rinci dari peralatan energi utama. Dari pelaksanaan kegiatan audit tersebut, nantinya dapat diambil beberapa ketentuan, yaitu : (a) apakah pengelompokan industri yang mengkonsumsi energi terbesar dan terkecil. (b) apakah lebih dari 50% dari total keseluruhan konsumsi energinya berasal dari BBM, listrik, batu bara, maupun energi lainnya, dan (c) apakah teknologi yang digunakan masih sederhana, sehingga potensi penghematan energinya masih berpeluang besar. (A. Herman, 2003). Makalah ini akan membahas pelaksanaan identifikasi potensi penghematan energi di salah satu pabrik kertas ternama di kota Kediri, Jawa Timur.

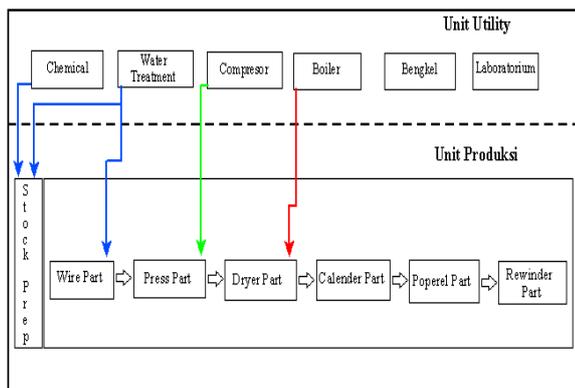
## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Potret Penggunaan Energi

Sumber energi yang digunakan pada pabrik kertas ini terdiri atas energi listrik dan energi termal. Energi listrik dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan kapasitas daya terpasang 30.000 kVA. Energi listrik untuk proses produksi dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan tegangan 20 kV melalui 11 (sebelas) buah transformator. Single line diagram dan skema penggunaan energi listrik dan termal seperti diperlihatkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Single line diagram sistem kelistrikan



Gambar 2. Unit-unit pengguna energi listrik dan energi termal

### 2.2. Kualitas Daya

Berdasarkan referensi dari WEC (WEC, 2001) bahwa parameter kualitas daya yang menjadi perhatian adalah meliputi harmonik tegangan, harmonik arus, fluktuasi tegangan, ketidakseimbangan tegangan, ketidakseimbangan arus ebban, faktor daya,

#### 2.2.1 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.

#### 2.2.2 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.

#### 2.2.3 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.

#### 2.2.4 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. Ketidakseimbangan 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.

#### 2.2.5 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.

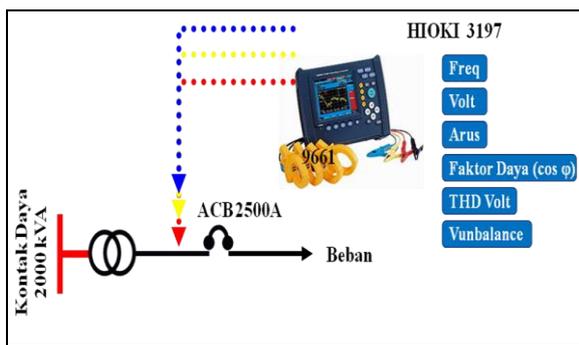
#### 2.2.6 Faktor Daya

Merupakan pergeseran fasa antara tegangan dan arus, yang didapatkan dari perkalian bilangan kompleksnya. Faktor daya dapat bersifat *leading* (arus mendahului tegangan) dan

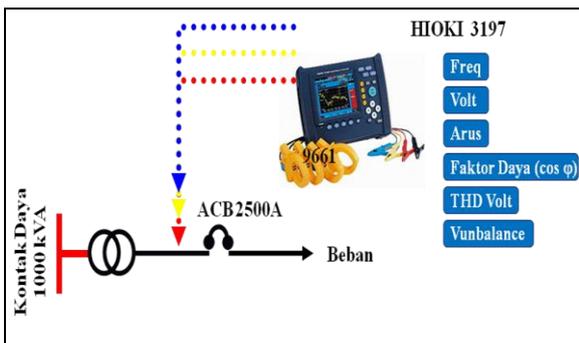
dapat juga *lagging* (arus tertinggal dari tegangan). Faktor daya *leading* disebabkan oleh beban yang bersifat kapasitif dan *lagging* karena beban induktif. Faktor daya yang rendah dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi pada saluran, tidak optimalnya kontrak daya (kVA) dan biaya tambahan akibat denda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

### 2.3. Metode Pengukuran

Metode pengukuran frekuensi, tegangan, arus, faktor daya, THD (Total Harmonic Distortion) tegangan, THD arus dan ketidakseimbangan tegangan di trafo MCC-01 dan trafo E-34 pada masing-masing fasa dengan alat ukur PQA (Power Quality Analyzer) HIOKI 3197 seperti diperlihatkan pada Gambar di bawah.



Gambar 3. Titik pengukuran di trafo MCC-01



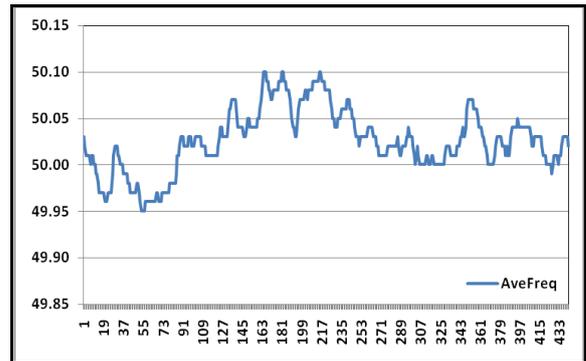
Gambar 4. Titik pengukuran di trafo E-34



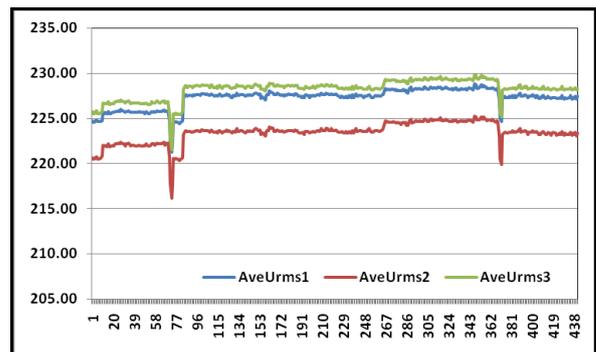
Gambar 5. Pelaksanaan pengukuran pada trafo

## 2.4. Hasil Pengukuran

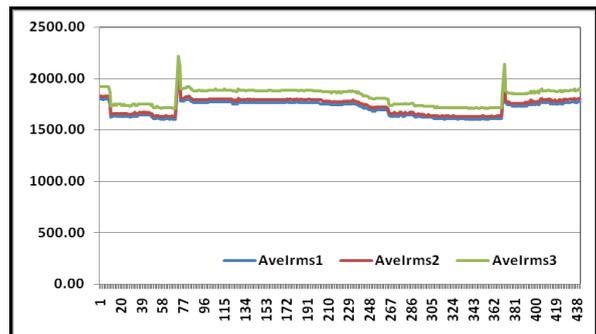
### 2.4.1. Trafo MCC-01



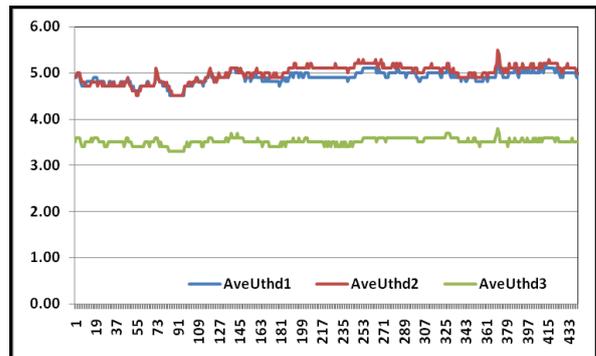
Gambar 6. Grafik frekuensi



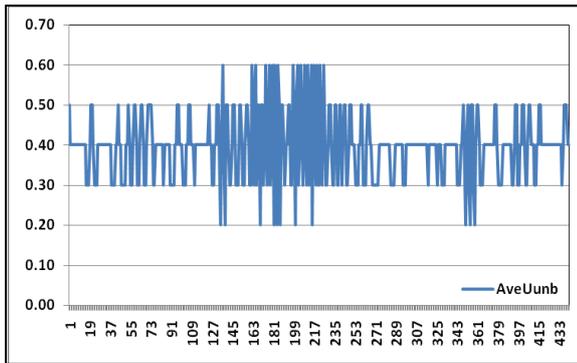
Gambar 7. Grafik tegangan



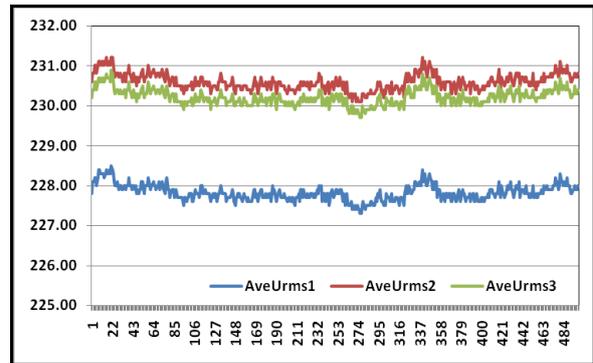
Gambar 8. Grafik arus



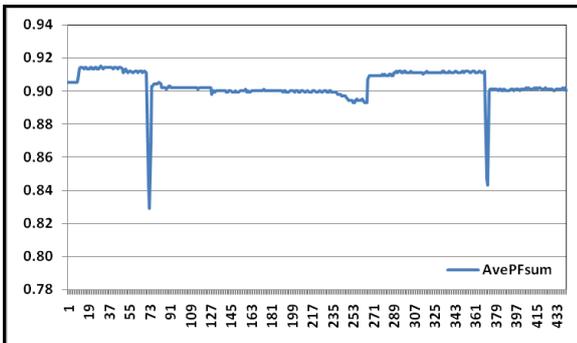
Gambar 9. Grafik THD tegangan



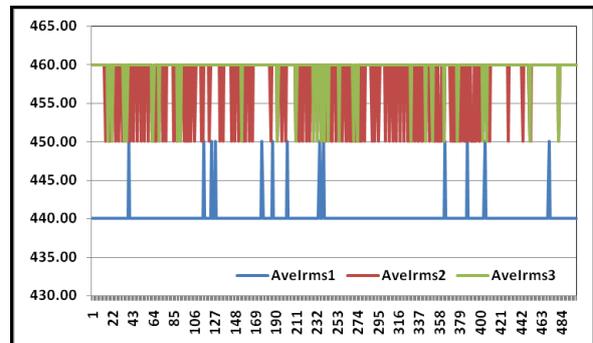
Gambar 10. Grafik ketidakseimbangan tegangan



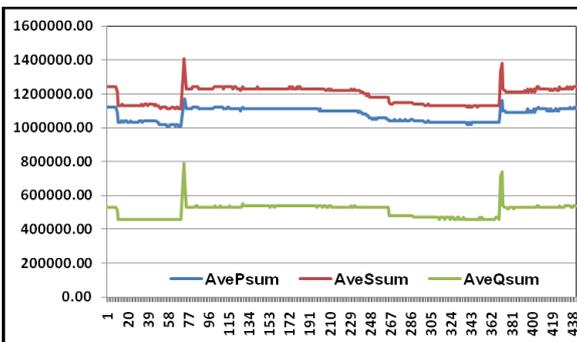
Gambar 14. Grafik tegangan



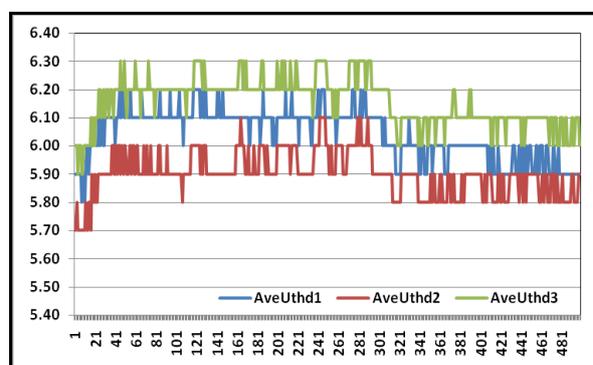
Gambar 11. Grafik faktor daya (cosφ)



Gambar 15. Grafik arus



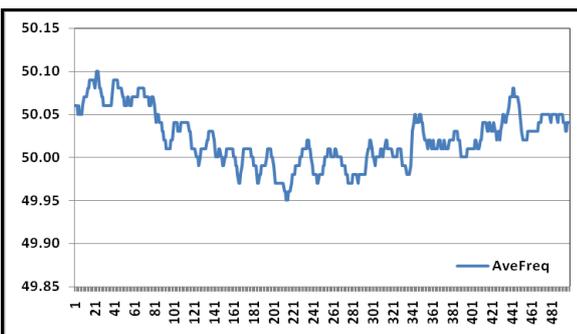
Gambar 12. Grafik PSQ



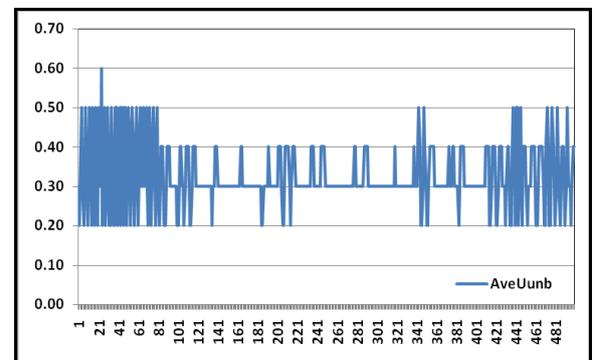
Gambar 16. Grafik THD tegangan

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

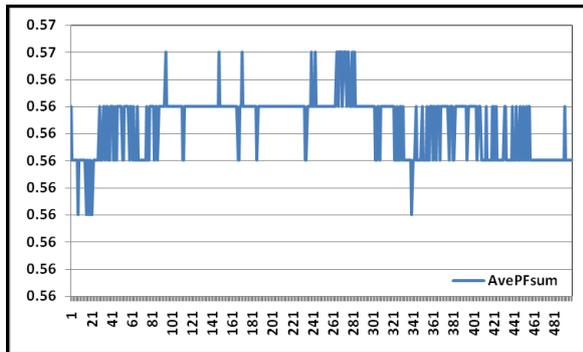
### 2.4.2. Trafo E-34



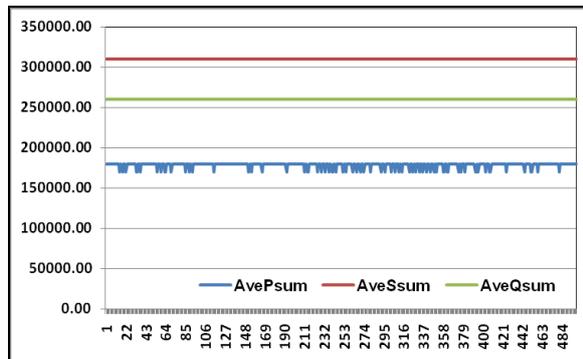
Gambar 13. Grafik frekuensi



Gambar 17. Grafik ketidakseimbangan tegangan



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



Gambar 19. Grafik PSQ

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan pada hasil pengukuran kualitas daya dengan PQA HIOKI 3197 seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dilihat bahwa telah terjadi ketidakseimbangan beban dilihat dari tegangan dan arus pada trafo MCC-01 dan trafo E-34. Bersamaan dengan itu ditemukan magnitude tegangan berfluktuasi pada fasa S dan T bahkan tegangan mencapai 230 V.

Hal lain yang tampak selama pengamatan adalah bahwa faktor daya trafo MCC-01 cukup bagus yaitu berkisar 0,90 – 0,92. Namun faktor daya pada trafo E-34 cukup rendah yaitu mencapai 0,56 – 0,57. Sementara *Total Harmonic Distortion* (THD) tegangan pada trafo MCC-01 cukup bagus, sedangkan pada trafo E-34 melebihi batas toleransi 5% (mencapai 6,3%).

#### 3.2. Analisis Data Potensi Penghematan Energi

Dari survei dan pengamatan serta diskusi teknis diperusahaan tersebut, ada beberapa peluang potensi untuk penghematan yang bisa dilakukan (JICA and ECCJ, 2002) yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

Hasil pengukuran harmonik pada trafo MCC-01 menunjukkan bahwa THD tegangan dan faktor daya cukup bagus, sedangkan pada trafo E-34 THD tegangan melebihi batas toleransi 5%

dan faktor dayanya cukup rendah di bawah batas toleransi 0,90. Terjadi ketidakseimbangan beban dilihat dari tegangan dan arus, magnitude tegangan berfluktuasi hingga mencapai 230 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.

Dalam hal ini disarankan untuk memasang filter harmonik pada trafo MCC-01 dan trafo E-34. Karena pemasangan filter harmonik dapat memberikan penghematan sebesar 20%, tetapi dalam analisis disini hanya 10% penghematan saja yang akan dipertimbangkan. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa daya aktual mesin kertas adalah antara 100 sampai 120 kVA, dan bila diasumsikan efisiensi mesin 90%, maka rugi-rugi (*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 trafo MCC-01 dan trafo E-34 dilengkapi masing-masing 1 unit 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. 15.000.000,- akan memberikan *Pay Back Period* (PBP) 2,5 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. 6.000.000,- maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) 2 tahun.

Salah satu cara untuk mengontrol penggunaan energi adalah dengan menggunakan *Energy Management System* (EMS). (C.B. Smith, 1981). Industri kertas seperti ini dapat menggunakan EMS tipe standar dengan 9 titik monitoring. Investasi peralatan ini sekitar

Rp 100.000.000,-. 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  $\text{LWBP} = \text{Rp. } 680,-$  per kWh dan  $\text{WBP} = k \times \text{Rp. } 680,-$  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. 84.456.000,- per tahun, maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) 1,2 tahun.

Keuntungan lain yang diperoleh dengan pemasangan EMS ini adalah dapatnya dilakukan berbagai pengamatan data sekaligus yang meliputi 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 dapat digunakan sebagai infrastruktur untuk melaksanakan verifikasi kuantitatif pencapaian penghematan energi setelah instalasi EMS.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil investigasi diketahui bahwa potret penggunaan energi yang digunakan pada perusahaan dapat digambarkan sebagai berikut. Bahwa kebutuhan energi listrik dipasok dari gardu PT. PLN (Persero) dengan kontrak daya sebesar 30.000 kVA dengan total konsumsi energi listrik rata-rata sebesar 3.385.196 kWh per tahun. Tegangan kerja kurang bagus yaitu antara 230 - 235 Volt, juga ketidakseimbangan tegangan masih rendah yaitu < 2,5%. Rata-rata THD tegangan pada salah satu trafo melebihi batas toleransi yaitu 6,3% dan faktor daya sangat rendah yaitu mencapai 0,56. Hal ini dapat dinyatakan kurang baik.

Untuk memperbaiki kondisi inefisiensi energi di dalam menjalankan produksi dapat diidentifikasi beberapa potensi penghematan energi pada perusahaan, diantaranya meliputi tindakan paling sederhana adalah pemasangan filter harmonik pada trafo MCC-01 dan trafo E-34 untuk menghindari terjadinya panas tinggi dan kerusakan pada mesin-mesin dan peralatan elektronik serta untuk mengurangi rugi-rugi (*losses*).

Usaha lain yang mungkin dilakukan adalah penggantian ballast konvensional ke ballast elektronik untuk lampu TL, pemasangan alat monitoring EMS (*Energy Management System*), 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 optimalisasi dan penggunaan energi yang efisien dapat dilakukan sendiri oleh perusahaan. Tabel 1 merupakan ringkasan peluang konservasi energi yang dapat dilakukan dan perkiraan nilai penghematan energi dan biaya serta nilai investasi yang diperlukan.

Tabel 1. Ringkasan Potensi Penghematan Energi.

| No    | Langkah - Langkah Penghematan Energi   | Konsumsi Energi Listrik |             | Potensi Penghematan Energi |       |            |    | Biaya Implementasi | 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        |           |

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 energi 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

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.

Pape, H., 1999. *Captive Power in Indonesia: Development in the Period 1980 – 1997*. The World Bank.

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

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