

## **Audit Energi Listrik Pada Empat Mesin Injeksi Utama di PT MMM**

Ekadewi A. Handoyo, Wahyudi Jonathan  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 142 – 144 Surabaya 60236

### **Kontak Person:**

Ekadewi A. Handoyo  
No. Telpon 031 8439040  
ekadewi@peter.petra.ac.id

### **Abstrak**

*Kelangkaan dan kenaikan harga BBM menyebabkan PLN memberlakukan harga listrik yang berbeda antara LWBP dan WBP serta memberikan penalti berupa disinsentif kepada industri yang mengkonsumsi energi listrik melebihi kapasitas yang ditentukan. Salah satu industri yang mengalami penalti disinsentif ini adalah PT. MMM, terutama untuk 1 panel dengan daya 197 kVA yang menyuplai listrik keempat mesin utama. Hal ini mendorong dilakukannya audit energi untuk panel tersebut.*

*Hasil audit menyatakan bahwa kebutuhan daya listrik untuk keempat mesin injection moulding tersebut memang melebihi kapasitas daya terpasang, yaitu 197 kVA. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk menghemat energi: perbaikan proses agar tidak menimbulkan cycle delay di mesin 31, menggunakan optimasi disain untuk membantu setting parameter proses tiap cycle agar tidak terjadi penghentian proses produksi, penyediaan matras yang benar-benar sudah siap dipakai untuk mengurangi waktu standby, dan pemeliharaan berkala.*

**Kata kunci :** energi audit, mesin injeksi, cycle time, daya listrik.

### **Abstract**

*The limited and increasing fuel's price make PLN applies different rate for electricity they sale between LWBP (off-peak time) and WBP (peak time) and penalty 'disinsentif' for industries that consume electricity more than the power installed. One of the industries that suffered this penalty is PT. MMM, especially for one 197-kVA panel that supplies electric to four main machines. This penalty drives PT. MMM to do energy audit for this panel.*

*The audit result states that the power needed for these four machines has indeed exceeded the installed power capacity, i.e. 197 kVA. Some things that shall be done to conserve electric energy are: process improvement to eliminate cycle delay in machine 31, use design optimization to set the process parameter to prevent the discontinuing production, employing the ready mold to reduce 'standby' time, and routine maintenance.*

**Keywords:** energy audit, injection mould, cycle time, electric power.

## **1 PENDAHULUAN**

Energi listrik yang digunakan di negara kita kebanyakan merupakan hasil konversi energi dari sumber energi yang tidak terbarukan, seperti BBM, gas atau batu bara yang jumlahnya terbatas. Keterbatasan ini, terutama untuk BBM dapat menimbulkan kelangkaan dan mengakibatkan harganya semakin mahal. Kenaikan harga BBM membuat harga listrik juga meningkat. Upaya PLN sebagai pemasok energi listrik untuk mengurangi penggunaan listrik adalah menetapkan tarif yang berbeda untuk LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) dan WBP (Waktu Beban Puncak), dimana tarif dalam WBP untuk industri lebih mahal dibanding dalam LWBP. WBP ditetapkan berlangsung antara pk. 18.00 – 22.00 [1]. Upaya lain adalah menaikkan tarif dasar listrik dan bahkan memberi penalti ‘disinsentif’ bagi industri yang menggunakan energi listrik lebih besar dari daya kVA yang ditentukan (dan sebaliknya PLN memberi ‘insentif’ jika penggunaan listriknya lebih rendah) [2]. Keadaan ini berpengaruh di banyak sektor, terutama di dunia industri yang hampir seluruh mesin dan penggerakannya menggunakan energi listrik. Harga listrik yang meningkat menyebabkan biaya produksi bertambah dan selanjutnya membuat harga pokok penjualan melambung. Hal ini membuat produk yang dihasilkan lebih sulit bersaing di era global.

Penggunaan energi yang bijaksana dan hemat akan mengurangi biaya produksi. Salah satu upaya untuk menuju penghematan pemakaian energi adalah dengan mengaudit pemakaian energinya. Audit energi merupakan analisa terhadap konsumsi energi dalam sebuah sistem yang menggunakan energi, seperti gedung bertingkat, pabrik, dan sebagainya. Dengan audit energi dapat dibandingkan antara konsumsi riil energi peralatan dengan konsumsi berdasarkan spesifikasi peralatan.

Salah satu industri yang mengalami disinsentif daya, termasuk pada WBP adalah PT MMM. Perusahaan ini menghasilkan produk plastik, terutama ember plastik untuk tempat cat. Perusahaan ini beroperasi dalam 24 jam, tanpa henti. Karena menerima penalti dari PLN berupa disinsentif daya dan WBP untuk salah satu panel mereka, yaitu panel yang berdaya 197 kVA (PA-075441-4) yang mensuplai listrik untuk empat mesin injeksi utama, maka PT MMM berinisiatif melakukan audit energi untuk mengetahui konsumsi energi listrik mereka. Keempat mesin injeksi utama tersebut adalah mesin 31 yang memproduksi kursi bakso, dan mesin 18, 42 dan 43 yang masing-masing memproduksi tabung plastik dengan kapasitas 25 kg, tetapi berbeda model dan diberi kode no. 4, 3 dan 2.

## 2 METODOLOGI AUDIT

Audit energi dimulai dengan mengukur arus listrik yang mengalir pada keempat mesin utama dan mengamati aktivitas mesin selama 1 bulan, yaitu Pebruari 2006. Aktivitas mesin dicatat baik pada LWBP maupun WBP. Konsumsi listrik diukur melalui pengukuran arus listrik dengan clamp meter untuk tiap mesin. Arus listrik diukur untuk setiap proses yang ada dalam satu siklus untuk menghasilkan satu produk, yang biasanya meliputi proses: *mold close, inject, holding, cooling, charging* dan *eject*.

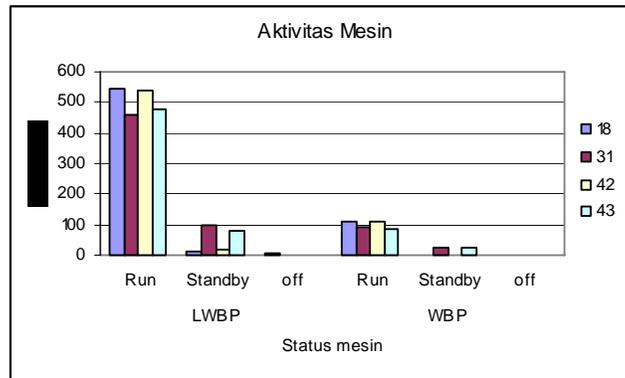
Dari data aktivitas mesin selama bulan Pebruari 2006 dan besar konsumsi arus listrik yang diperlukan tiap mesin, dapat dihitung besar daya kVA yang diperlukan tiap mesin dan konsumsi energi listrik saat LWBP dan WBP. Setelah itu membandingkan konsumsi listrik keempat mesin dengan data yang tertera pada tagihan dari PLN bulan Pebruari 2006 untuk mengetahui apakah benar PT. MMM mengkonsumsi energi listrik melebihi ketentuan sehingga mengalami disinsentif daya.

## 3 HASIL AUDIT

Dari pengamatan aktivitas mesin didapat 3 status yaitu: *run, standby* dan *off*. Pada status *run*, mesin sedang melakukan aktivitas produksi. Sedang pada status *standby*, mesin dalam keadaan menyala tetapi tidak melakukan produksi. Mesin dapat berada dalam status *standby* bila ada perbaikan, pemanasan awal mesin atau pergantian *mold*. Mesin dalam status *off* jika mesin tidak mendapat suplai listrik. Hasil pengamatan aktivitas keempat mesin utama tersebut di bulan Pebruari 2006 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan aktivitas keempat mesin

| Mesin No. | LWBP   |         |      | WBP    |         |      |
|-----------|--------|---------|------|--------|---------|------|
|           | Run    | Standby | Off  | Run    | Standby | Off  |
| 18        | 546:20 | 10:30   | 3:10 | 111:45 | 0       | 0:15 |
| 31        | 461:05 | 96:10   | 2:45 | 89:35  | 22:25   | 0    |
| 42        | 478:25 | 78:40   | 2:55 | 86:40  | 24:35   | 0:45 |
| 43        | 539:15 | 17:45   | 3:00 | 110:40 | 1:20    | 0    |



Gambar 1. Aktivitas keempat mesin

Disamping mengamati aktivitas di empat mesin, juga diukur arus listrik saat status *run* dan *standby*. Dalam status *run*, mesin mengalami serangkaian proses produksi. Pengukuran waktu yang diperlukan tiap proses untuk menghasilkan satu produk juga dilakukan disamping pengukuran arus listrik. Hasil pengukuran arus listrik dan waktu tiap proses untuk produksi tabung plastik 25 kg no. 4 pada mesin 18 dapat dilihat pada tabel 2. Sedang untuk produksi kursi bakso pada mesin 31 ada di tabel 3. Hasil pengukuran untuk produksi tabung plastik 25 kg No. 3 pada tabel 4 dan tabung No. 2 pada tabel 5.

Tabel 2. Hasil pengukuran arus listrik dan waktu proses pada mesin 18.

|            | Mold Close  | Inject 1 | Hold 1 | Cooling 1 | Charge 2 | Cooling 2 | Eject |
|------------|-------------|----------|--------|-----------|----------|-----------|-------|
| I (Ampere) | 45.5        | 100.6    | 47.7   | 42.4      | 76.3     | 44.3      | 53.7  |
| t (second) | 5.0         | 4.9      | 3.2    | 2.1       | 22.8     | 2.2       | 10.9  |
| t 1 Cycle  | 51.1 second |          |        |           |          |           |       |

Tabel 3. Hasil pengukuran arus listrik dan waktu proses pada mesin 31.

|            | Mold Close  | Inject 1 | Hold 1 | Cooling 1 | Charge 2 | Suck Back | Cooling 2 | Eject | Cycle Delay |
|------------|-------------|----------|--------|-----------|----------|-----------|-----------|-------|-------------|
| I (Ampere) | 63.5        | 93.0     | 63.8   | 57.3      | 98.1     | 60.3      | 56.0      | 63.5  | 55.7        |
| t (second) | 7.2         | 3.1      | 3.2    | 2.0       | 20.60    | 3.8       | 10.9      | 18.8  | 1.5         |
| t 1 Cycle  | 71.1 second |          |        |           |          |           |           |       |             |

Tabel 4. Hasil pengukuran arus listrik dan waktu proses pada mesin 42.

|            | Mold Close  | Inject 1 | Hold 1 | Cooling 1 | Charge 2 | Suck Back | Cooling 2 | Eject |
|------------|-------------|----------|--------|-----------|----------|-----------|-----------|-------|
| I (Ampere) | 59.5        | 146.6    | 69.4   | 58.0      | 108.4    | 61.1      | 55.6      | 75.4  |
| t (second) | 6.0         | 3.9      | 5.3    | 2.7       | 17.5     | 0.7       | 19.8      | 9.0   |
| t 1 Cycle  | 64.6 second |          |        |           |          |           |           |       |

Tabel 5. Hasil pengukuran arus listrik dan waktu proses pada mesin 43.

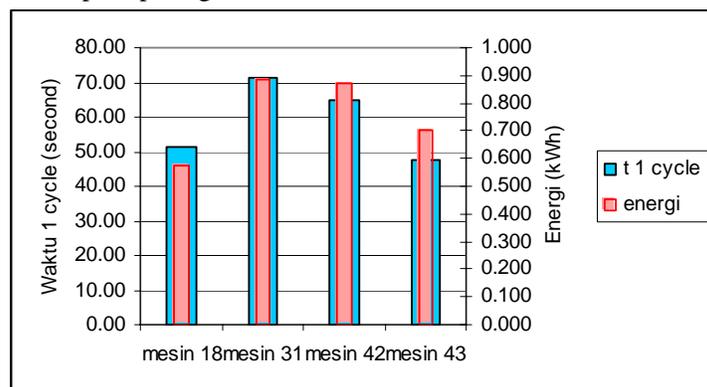
|            |             |          |        |           |          |           |           |       |
|------------|-------------|----------|--------|-----------|----------|-----------|-----------|-------|
|            | Mold Close  | Inject 1 | Hold 1 | Cooling 1 | Charge 2 | Suck Back | Cooling 2 | Eject |
| I (Ampere) | 93.1        | 131.5    | 73.8   | 56.9      | 99.6     | 60.7      | 56.4      | 81.7  |
| t (second) | 4.1         | 3.3      | 4.3    | 2.2       | 16.1     | 0.7       | 6.1       | 11.0  |
| t 1 Cycle  | 47.8 second |          |        |           |          |           |           |       |

Konsumsi energi listrik yang diperlukan keempat mesin dihitung dengan persamaan (1):

$$W = \sqrt{3}.V.I.PF.t \tag{1}$$

Power factor di instalasi panel ini ditemukan sebesar 0.928.

Dengan menggunakan persamaan (1), konsumsi energi listrik untuk tiap cycle yang menghasilkan 1 produk dapat diketahui seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Konsumsi energi listrik dan waktu tiap cycle semua mesin.

Konsumsi energi listrik untuk status standby juga diukur dan jika dihitung didapat daya yang mengalir ke semua mesin sama yaitu 2,72 kW saat standby.

Dari semua data di atas dihitung konsumsi listrik untuk keempat mesin dan hasil perhitungan konsumsi energi listrik total keempat dapat dilihat pada tabel 6. Pada tabel 6 juga ditampilkan pemakaian daya terbesar yang mungkin terjadi untuk menganalisa kVA listrik yang terpasang.

Tabel 6. Konsumsi listrik total keempat mesin.

| Nomor Mesin | LWBP (kWh) | WBP (kWh) | kVA    |
|-------------|------------|-----------|--------|
| 18          | 22,123.11  | 4,519.37  | 66.18  |
| 31          | 20,860.23  | 4,062.10  | 64.57  |
| 42          | 23,497.20  | 4,284.97  | 96.48  |
| 43          | 28,617.84  | 5,866.40  | 86.55  |
| Total       | 95,098.39  | 18,732.85 | 313.77 |

## 4 ANALISA

### 4.1 Perbandingan Hasil Audit dengan Tagihan PLN

Perbandingan hasil audit di atas dengan tagihan PLN dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan hasil audit dengan tagihan PLN untuk Panel PA-075441-4

| No. |             | Tagihan PLN<br>(Daya kVA / KWH) | Hasil Audit<br>(Daya kVA / KWH) |
|-----|-------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1   | Biaya Beban | 197.00                          | 197.00                          |

|   |                        |           |           |
|---|------------------------|-----------|-----------|
|   | Biaya Disinsentif Daya | 110.25    | 116.77    |
| 2 | Biaya Pemakaian LWBP   | 98,028.00 | 95,098.39 |
| 3 | WBP                    | 20,040.00 | 18,732.85 |
|   | Biaya Pemakaian WBP    | 7,787.00  | 7,787     |
|   | Biaya Disinsentif WBP  | 12,253.00 | 10,945.85 |

Dari tabel 7 terlihat bahwa memang benar beban keempat mesin utama melebihi kapasitas daya yang telah ditentukan (197 kVA). Kelebihan daya ini menyebabkan PT. MMM mengalami disinsentif daya sebesar 110.25 kVA. Disinsentif daya dari hasil audit seperti pada tabel 6 dihitung sebesar 116.77 kVA sementara tagihan PLN hanya 110.25 kVA. Perbedaan ini kemungkinan karena tidak semua mesin mengalami proses yang memerlukan daya maksimum secara bersamaan. Disinsentif sebesar 116.77 kVA akan terjadi jika keempat mesin menggunakan daya maksimum secara bersamaan.

Dari tabel 7 di atas terlihat bahwa konsumsi listrik hasil hitungan audit lebih rendah dari tagihan PLN baik pada LWBP maupun pada WBP. Selisih pada LWBP sebesar 2929.61 kWh atau setara dengan Rp 1,289,028 jika mengikuti Tarif Dasar Listrik 1004 untuk Industri Golongan I-3/TM. Dan selisih pada WBP sebesar 1307.15 kWh atau setara dengan Rp 1,150,292. Hal ini kemungkinan bisa terjadi karena kurang akuratnya pelaporan aktivitas mesin oleh operator di PT. MMM. Operator mencatat waktu dalam pembulatan 5 menit. Misalnya proses perbaikan/pergantian matras telah selesai pk. 07.12, mereka mencatat selesai pk. 07.00. Pembulatan ini dapat menyebabkan hasil perhitungan audit kurang akurat. Kemungkinan lain yang menyebabkan perbedaan ini adalah dugaan ada kemungkinan suplai listrik ke tempat atau peralatan lain diluar keempat mesin utama tersebut.

#### 4.2 Upaya Penghematan Energi Listrik

Dari pengamatan yang dilakukan, ditemukan beberapa hal yang dapat diupayakan untuk menghemat konsumsi energi listrik di empat mesin utama di PT. MMM, yaitu:

- menghapus bagian proses dalam cycle yang disebut "cycle delay", yaitu penundaan ke cycle untuk memproduksi produk selanjutnya dari cycle sebelumnya. Cycle delay terjadi pada mesin 31 yang memproduksi kursi bakso. Hal ini terjadi karena produk yang telah selesai dicetak mengalami kesulitan ke luar dari mesin injection moulding dan pengeluaran ini selalu dilakukan oleh karyawan yang bertugas menyisir produk jadi (*finishing*). Masalah ini dapat diselesaikan dengan menyediakan karyawan lain yang bertugas membantu mengambil produk sebagai pengganti *cycle delay*. Jika *cycle delay* dihapus, maka cycle time 1 produk di mesin 31 menjadi 69.6 s dari sebelumnya 71.1 s dan energi yang diperlukan per cycle menjadi 0.868 kWh dari sebelumnya 0.882 kWh.
- Dari tabel 1 terlihat mesin mengalami status *standby* dalam waktu yang cukup lama. Beberapa penyebab yang dapat dihindari adalah: pergantian matras yang dapat mencapai 9 jam pada mesin 42 di tanggal 9 Februari 2006 dan 19 jam pada mesin 31 di tanggal 1 Februari 2006. Pada saat pergantian matras yang memerlukan waktu lebih dari 2 jam, sebaiknya mesin dimatikan bukan pada status *standby*.
- Ada kejadian bahwa produk hasil injeksi saat di-"*eject*" ternyata masih melekat pada matras. Bila ini terjadi, maka waktu akan termakan habis untuk mengeluarkan produk yang lengket tersebut dari tempatnya. Kenyataannya ini menyebabkan penghentian produksi sampai dengan 9,5 jam pada mesin 31 tanggal 9 dan 18 Februari 2006. Produk yang menjadi lengket tersebut dapat disebabkan oleh kurang cukupnya lama waktu "*cooling*" pada dalam satu siklus produksi sehingga saat akan di-"*eject*" produk masih belum membeku. Ini dapat diatasi dengan usaha pengoptimalan *cycle time* dengan pengkajian optimasi disain.
- Pemeliharaan mesin secara berkala perlu diperhatikan dengan serius, mengingat tendensi di lokasi bahwa proses produksi tidak boleh berhenti selama tidak mengalami kerusakan. Pemeliharaan yang dilakukan mencakup pemeriksaan terhadap kebocoran oli, *seal*, dan sebagainya sesuai dengan petunjuk pemakaian yang sudah disertakan pada spesifikasi mesin. Pemeliharaan secara berkala dapat mengurangi kejadian-kejadian yang tidak diinginkan yang dapat menghentikan proses produksi. Salah satunya contohnya yaitu kejadian air pendingin yang tidak mengalir pada

mesin 18 di tanggal 14 Pebruari 2006 (1 jam), mesin 31 di tanggal 22 Pebruari 2006 (0.5 jam), mesin 42 di tanggal yang sama (1.25 jam) dan mesin 43 di tanggal 10 Pebruari 2006 (1 jam).

## 5 KESIMPULAN

- Untuk menghasilkan 1 produk pada mesin 18 diperlukan energi 0.574 kWh dengan waktu 51,1 detik; pada mesin 31 diperlukan energi 0.883 kWh dengan waktu 71,1 detik; pada mesin 42 diperlukan energi 0.873 kWh dengan waktu 64,6 detik; dan pada mesin 43 diperlukan energi 0.704 kWh dengan waktu 47,8 detik.
- Daya (kVA) yang dibutuhkan oleh keempat mesin yang tersuplai oleh panel tersebut memang melebihi kapasitas daya terpasang 197 kVA. Berdasarkan perhitungan, daya kebutuhan totalnya adalah 313.77 kVA sehingga mengalami disinsentif daya sebesar 116.77 kVA.
- Penghapusan "cycle delay" pada mesin 31 dapat menghemat pemakaian energi per produk dari 0.882 kWh menjadi 0.868 kWh.
- Pergantian matras yang memerlukan waktu lebih dari 2 jam sebaiknya dalam keadaan mesin status *off*.
- Penentuan setting waktu proses dalam 1 cycle perlu dengan metode optimasi disain.
- Pemeliharaan mesin secara berkala perlu dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Benny Marbun, "*Prospek Tarif Dasar Listrik Ke Depan*", Paper yang disampaikan pada Konvensi Nasional Hemat Energi & Teknologi Ramah Lingkungan, Juli 2006.
- [2] Harian Kompas, "*Kelebihan Pakai Listrik Dipenalti*", 4 Agustus 2005.
- [3] Albert Thumann, P.E., C.E.M. & William J. Younger, C.E.M., *Handbook of Energy Audits*, The Fairmont Press, Inc. & Marcel Dekker, Inc., USA, 2003.
- [4] Yunus A. Cengel, & Michael A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach* (international ed.). Singapore: McGraw Hill, 1989.