

# ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK GEDUNG LABORATORIUM BIOTEKNOLOGI SERPONG

**Sudirman Palaloi**

Balai Besar Teknologi Energi, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong 15314

Dosen Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Indonesia

Tel : +62217560562 ext. 1162, Fax : + 62217560904 E-mail : [palaloi@yahoo.com](mailto:palaloi@yahoo.com)

## **Abstract**

*This paper is reporting an analysis energy use on Biotechnology Laboratory in Puspiptek Area. Analysis of electrical energy use concern power demand and power factor improvement. Power demand improvement can be done by reducing power purchase close to maximum power that might be happened. It is very beneficial for reducing fix load cost. Power factor improvement as part of energy saving can reduce losses at distribution line, motor, transformer, reduce installed capacity, and also avoid penalty factor. Optimization of transformer operation can also reduce core and copper winding losses. According to the analysis gave the result of saving potential is Rp. 218,72 million/year.*

**Kata kunci:** pengukuran, penggunaan energi, listrik, gedung laboratorium

## **1. PENDAHULUAN**

Sejak tahun 2001 Pemerintah Indonesia menaikkan Tarif Dasar Listrik secara bertahap 3 bulan sekali hingga harga listrik berkisar 6 sen dollar per kWh. Hal ini tentunya berimbas kepada sektor penggunaan energi yang kebanyakan menggunakan energi listrik dari PLN. Adanya perubahan ini harus ditanggapi secara saksama para manajer/pengelola untuk menekan pemakaian energinya. Termasuk di dalamnya adalah gedung-gedung pemerintahan (P) yang ternyata harga listrik per kWhnya lebih tinggi dibanding dengan Golongan tarif jenis lain seperti untuk keperluan Sosial (S), perumahan (R), Bisnis (B), maupun industri. Laboratorium Bioteknologi yang berada di kawasan Puspiptek merasakan kenaikan ini, oleh karena itu pengelola gedung merasa perlu untuk mencari jalan dalam usaha menekan biaya energinya.

Salah satu cara yang mudah adalah dengan memanfaatkan energi secara maksimal melalui program konservasi energi. Untuk mengidentifikasi potensi penghematan energi pada suatu sarana maupun sistem yang telah ada maka perlu dilakukan pengukuran secara simultan penggunaan energi yang digunakan, khususnya energi listrik. Sedangkan konservasi energi merupakan suatu aktifitas pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan. Konservasi energi di gedung

laboratorium dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik.

Pada gedung laboratorium, energi yang digunakan dalam mendukung segala aktifitasnya umumnya adalah energi listrik. Energi dalam bentuk listrik memilih kelebihan karena dapat dengan mudah diubah ke dalam bentuk energi lain seperti AC, penerangan, memutar fan, pompa, *power outlet*, peralatan pengujian, peralatan laboratorium, heating dan beberapa keperluan lainnya. Pada tulisan ini akan menyajikan hasil pengukuran dan analisis penggunaan energi listrik salah satu Laboratorium yang ada di Kawasan Puspiptek Serpong.

## **2. BAHAN DAN METODE**

Metode yang digunakan adalah pengumpulan data historis dan pengukuran secara langsung. Data-data yang telah dikumpulkan dievaluasi dan dianalisis dengan menggunakan cara statistik dan formula ilmu kelistrikan.

### **2.1. Pengumpulan Data Historis**

Pengumpulan data historis konsumsi energi listrik yang dicatat selama ini oleh pihak pengelola gedung dapat memberikan informasi yang berharga bagi kita untuk mengetahui variasi konsumsi dan kebutuhan energi listrik. Data harian atau data bulanan dikumpulkan. Sehingga

dengan demikian kita dapat mengetahui, konsumsi listrik (kWh), biaya listrik (rekening listrik PLN), jumlah dan biaya bahan bakar, dan kualitas energi listrik.

Data-data historis khusus untuk sistem kelistrikan biasanya dikumpulkan melalui rekening listrik bulanan selama setahun. Begitu pula data energi harian yang dicatat oleh operator.

## 2.2. Pengukuran

Disamping pengumpulan data-data historis, maka monitoring dan pengukuran secara langsung sangat diperlukan. *Data on-line monitoring* dengan interval waktu yang cukup singkat sangat diperlukan untuk mengetahui kurva dan fluktuasi beban selama sehari. Untuk mendapatkan data yang akurat, maka diperlukan seperangkat alat ukur yang lengkap baik *software* maupun *hardware*. Dengan demikian data yang kita ukur/*record* betul-betul dapat dipastikan kebenarannya dengan durasi waktu yang singkat. Biasanya data-data energi tersebut *record* selama 1 atau 2 x 24 jam.

Disamping itu recording data sangat penting untuk mengetahui adanya suatu peralatan sudah menggunakan energi listrik yang pantas. Mengidentifikasi peralatan utama pengkonversi energi, waktu operasi, kontribusi beban dan konsumsi energi serta kualitas tegangan antara fase satu dengan yang lainnya. Yang perlu diukur secara *on-line* pada sistem kelistrikan adalah : Daya (daya aktif, reaktif dan kompleks), faktor daya dan konsumsi energi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Penelitian

#### 3.1.1. Sumber Energi Listrik

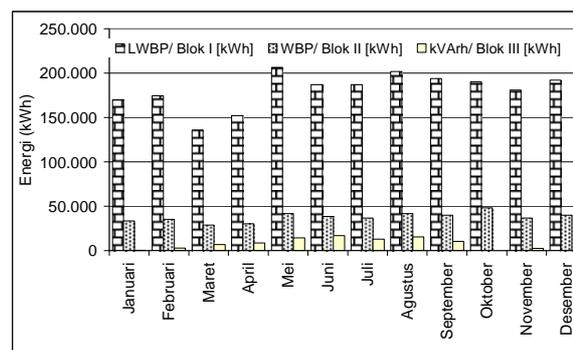
Kebutuhan utama energi listrik di Gedung Laboratorium ini disuplai dari PLN. Disamping itu, bila terjadi gangguan pada PLN, secara otomatis beban-beban esensial (yang berada pada bus "B") disuplai oleh emergensi diesel generator 625 kVA, 380V, 50 Hz.

Kapasitas daya terpasang dari PLN adalah sebesar 1.400 kVA/20 kV/50 Hz yang didistribusikan dari gardu induk PUSPIPEK ke Substation CE-01. Incoming 20 kV dari PLN masuk ke SWGR QT2001 (*Medium Voltage Distribution Switchgear*). Di switchgear ini terbagi dua feeder, yang satunya menuju transformator TR2001A dengan kapasitas 2000 kVA dan yang lainnya menuju TR2001B(2000 kVA) untuk diturunkan tegangan menjadi 380 Volt. Keluaran

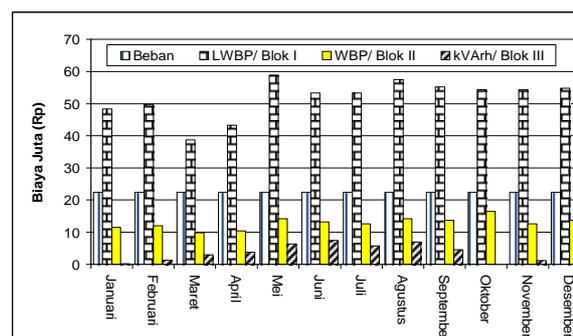
dari TR2001A dan TR2001B masuk ke switchgear QE2001 (*Main Low Voltage Distribution Switchgear*), yang terdiri dari dua buah busbar (busbar "A" dan "B") yang dipisahkan oleh ATS (*Automatic Transfer Switch*). Pada busbar "A" diperuntukan untuk menyuplai kebutuhan normal load, baik lighting, power outlet maupun untuk sistem pendingin yang kesemuanya terdiri dari 12 feeder (termasuk *spare*). Sedangkan busbar "B" untuk menyuplai beban-beban kritis.

#### 3.1.2. Konsumsi dan Biaya Energi Listrik

Tarif listrik di Laboratorium ini termasuk dalam Golongan tarif P20 (PemerintahTegangan Menengah). Konsumsi energi listrik selama setahun sebesar 1.931.200 kWh/tahun atau rata-rata 160.933 kWh/bulan. Sedangkan biaya energi Rp. 975,78 juta/tahun (rata-rata 81,31 juta/bulan). Untuk lebih jelasnya, pemakaian energi dan biaya energi selama setahun disajikan pada grafik berikut.



Gambar 1. Grafik konsumsi energi bulanan

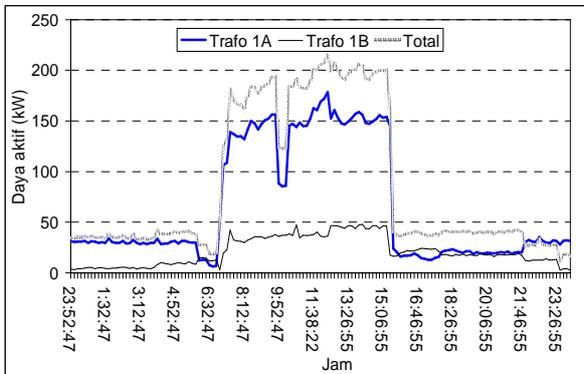


Gambar 2. Grafik biaya energi listrik bulanan

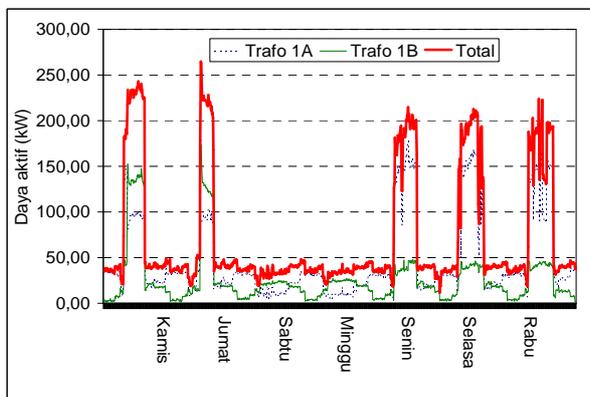
#### 3.1.3. Beban Listrik Berdasarkan Hasil Pengukuran

Untuk melihat profil beban pemakaian di laboratorium ini, maka telah dilakukan pengukuran secara On-line maupun secara

manual. Pengukuran ini dilakukan baik pada waktu hari kerja maupun hari libur. Kurva beban harian pada hari-hari kerja dan hari libur diperlihatkan pada kurva beban berikut ini.



Gambar 3. Kurva beban harian pada hari kerja

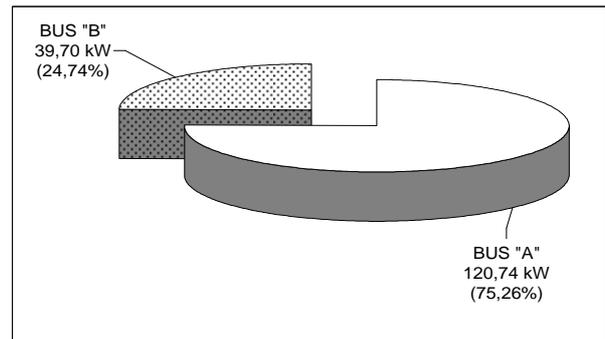


Gambar 4. Kurva beban harian selama 1 minggu

### 3.2. Pembahasan dan Analisis

#### 3.2.1. Neraca Daya

Dalam menentukan neraca daya di setiap panel, telah dilakukan pengukuran secara on-line maupun secara manual. Nilai yang diambil adalah harga rata-rata pada waktu kerja dari beberapa kali pengukuran. Gambar 5 berikut menyajikan diagram pie distribusi listrik pada masing-masing busbar dan pada Tabel 1 dan Tabel 2 menyajikan distribusi daya dan persentase ke masing-masing feeder.



Gambar 5. Diagram pie daya listrik

Tabel 1. Hasil pengukuran pada Busbar "A" Switchgear QE2001 [4]

Bus bar	No. Feeder	Nama Feeder	Daya Listrik	
			kW	%
"A"	QM0001	Lab.normal load distribution panel (lighting and power)	16.64	13.78
	QM6001	Green house lighting and power panel	20.75	7.19
	QM...	Future		0.00
	QM5001	Waste water treatment distribution panel	0.38	0.31
	QM2001	Normal load distribution panel (B & C building)	14.59	12.08
	QLS2001	Lighting and single phase sockets panels	0.97	0.80
	QY2251A	Packet power and control panels	67.41	55.83
	ZC2001A	Power factor improvement panels	0.00	0.00
	QI2001	UPS Unit		0.00
		<b>Sub Total</b>	<b>120.74</b>	<b>100.00</b>

Tabel 2. Hasil pengukuran pada Busbar "B" Switchgear QE2001 [4]

Bus bar	No. Feeder	Nama Feeder	Daya Listrik	
			kW	%
"B"	QI2001	UPS Unit	1.54	3.88
	ZC2001B	Power factor improvement panels	0.00	0.00
	Spare	-	-	-
	QS0001	Lab. Critical load distribution panel (lighting and power)	7.71	19.42
	QS4001	Office and canteen normal load distribution panel	5.85	14.74
	QM2002	Critical load distribution panel (B & C building)	4.05	10.20
	QS4002	Office and canteen critical load distribution panel	3.85	9.70
	QS6001	Green house critical load distribution panel	16.70	42.07
	Spare	-	-	0.00
	QY2251B	Packet power and control panels	0.00	0.00
Spare	-	0.00	0.00	
		<b>Sub Total</b>	39.70	100.00
		<b>Total</b>	<b>160.44</b>	

### 3.2.2 Faktor Beban

Faktor Beban (*load factor*) adalah suatu angka yang menunjukkan fluktuasi beban yang terjadi dalam suatu periode tertentu. Besar faktor beban ini didefinisikan sebagai perbandingan antara daya beban rata-rata dengan daya beban maksimum yang terjadi.

$$\text{Faktor beban} = \frac{\text{beban rata-rata (kW)}}{\text{beban maksimum (kW)}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan formulasi di atas dalam menentukan faktor beban, maka pada tabel berikut ini akan disajikan faktor beban untuk beberapa hari.

Tabel 3. Faktor beban berdasarkan hari kerja dan hari libur

Hari	Daya rata-rata kW	Daya maks. kW	Faktor beban (%)
Rabu	54.96	292.92	19
Kamis	94.82	243.11	39
Jumat	74.80	264.46	28
Sabtu	36.03	48.32	75

Minggu	35.93	46.02	78
Senin	85.60	214.73	40
Selasa	90.88	212.36	43
Rabu	88.41	223.62	40

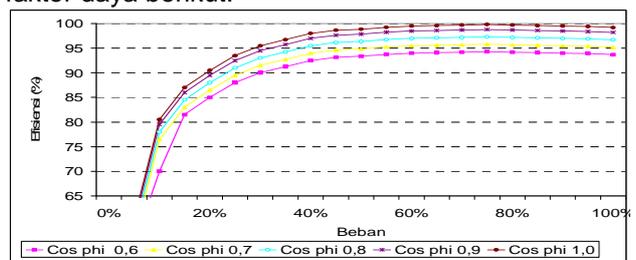
### 3.2.3. Pembebanan Transformator

Pembebanan kedua transformator (TR2001A) dan TR2001B) pada hari-hari kerja dan hari libur telah dilakukan pengukuran secara on-line selama 8 hari. Data hasil pengukuran dan persentase pembebanan disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan data di atas terlihat bahwa pembebanan minimum dan maksimum trafo 1A selama pengukuran (8 hari) masing-masing adalah 23,90 kVA (1,19%) pada hari minggu dan 222.60 kVA (11,13%) yang terjadi pada hari Rabu.

Sedangkan transformator 1B pembebanan minimum adalah 2,60 kVA (0,13%) yang terjadi pada hari Rabu. Pembebanan maksimum terjadi pada hari Rabu 6 November 2002 dengan daya 269,74 kVA. Jadi selama ini terjadi pemborosan energi listrik disebabkan pembebanan kedua transformator sangat rendah. Oleh karena perlu difikirkan untuk menggunakan hanya sebuah trafo untuk menyuplai keseluruhan beban, sehingga transformator yang lainnya standby. Bila hal ini dilakukan akan terjadi penghematan energi yaitu mengurangi rugi-rugi tetap trafo (rugi besi) seandainya hanya 1 saja yang beroperasi.

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa faktor beban pada hari kerja cukup rendah, yaitu berada antara 19% hingga 43%. Ini menunjukkan bahwa terjadi fluktuasi beban yang cukup berarti. Sedangkan pada hari libur (sabtu dan Minggu) faktor bebannya masing-masing 75% and 78%. Pada hari libur hampir tidak terjadi fluktuasi pemakaian daya listrik, bahkan cenderung konstan dan rendah. Bila hanya sebuah trafo saja yang jalan, maka pembebanan maksimum transformator menjadi 382,11 kVA (19,1%). Beban sebesar ini masih cukup rendah, sehingga tetap aman. Untuk beban sekitar 25%, efisiensi trafo sudah cukup baik (85% - 90%) untuk berbagai faktor daya. Perhatikan kurva standar efisiensi trafo terhadap pembebanan pada berbagai nilai faktor daya berikut.



Gambar 6. Efisiensi transformator v.s beban

Tabel 4. Prosentasi pembebanan harian tranformator

HARI/TGL		Pembebanan Trafo 1A (2000 kVA)		Pembebanan Trafo 1B (2000 kVA)		Pembebanan bila hanya sebuah trafo melayani seluruh beban	
		kVA	%	kVA	%	kVA	%
RABU	MIN	32.61	1.63	2.60	0.13	35.31	1.77
	RATA2	48.67	2.43	34.21	1.71	81.70	4.08
	MAKS	118.29	5.91	269.74	13.49	382.11	19.11
KAMIS	MIN	30.17	1.51	17.45	0.87	45.38	2.27
	RATA2	62.30	3.11	70.63	3.53	130.52	6.53
	MAKS	180.25	9.01	207.74	10.39	308.83	15.44
JUMAT	MIN	29.50	1.48	18.67	0.93	46.95	2.35
	RATA2	51.69	2.58	58.60	2.93	108.23	5.41
	MAKS	127.63	6.38	229.53	11.48	337.47	16.87
SABTU	MIN	24.25	1.21	18.73	0.94	42.26	2.11
	RATA2	34.31	1.72	34.65	1.73	66.98	3.35
	MAKS	49.66	2.48	45.55	2.28	91.96	4.60
MINGGU 10/11/02	MIN	23.90	1.19	19.18	0.96	43.10	2.16
	RATA2	32.45	1.62	35.41	1.77	65.65	3.28
	MAKS	40.67	2.03	46.78	2.34	84.07	4.20
SENIN 11/11/02	MIN	28.59	1.43	18.48	0.92	46.26	2.31
	RATA2	81.54	4.08	45.01	2.25	125.10	6.25
	MAKS	216.30	10.81	88.52	4.43	284.67	14.23
SELASA 12/11/02	MIN	28.68	1.43	18.86	0.94	47.15	2.36
	RATA2	84.55	4.23	46.62	2.33	127.86	6.39
	MAKS	202.96	10.15	81.00	4.05	278.00	13.90
RABU 13/11/2002	MIN	28.78	1.44	18.72	0.94	41.25	2.06
	RATA2	81.84	4.09	47.68	2.38	125.29	6.26
	MAKS	222.60	11.13	83.86	4.19	299.28	14.96

### 3.2.4. Faktor Kebutuhan (FK)

Faktor kebutuhan diperlukan untuk mengevaluasi besarnya kontrak daya ke PLN. Daya maksimum berdasarkan hasil pengukuran ditambah dengan faktor keamanan merupakan dasar untuk mengevaluasi kontrak daya. Faktor kebutuhan adalah perbandingan antara daya maksimum yang terjadi dengan daya terpasang.

$$FK = \frac{\text{Daya maksimum yang terjadi (kVA)}}{\text{Daya terpasang (kVA)}} \times 100\%$$

Saat ini kontrak daya PLN sebesar 1.400 kVA, sedangkan dari hasil pengukuran diperoleh daya maksimum yang terjadi sebesar 382,11 kVA. Dengan demikian faktor kebutuhan adalah  $(382,11/1.400) = 27, 29 \%$ .

Mengingat besar faktor kebutuhan masih cukup rendah, perlu untuk mereduksi besar daya yang disewa PLN. Keuntungan bila faktor

kebutuhan naik dengan mereduksi kontrak daya ke PLN, maka akan diperoleh penurunan pembayaran (biaya tetap atau biaya beban). Untuk menghitung besar daya terpasang dapat dilakukan dengan mengalikan besar daya maksimum dengan faktor keamanan (*safety factor*). Dengan melihat beban maksimum saat ini, besar safety factor  $F_s = 1,5$  maka sewa daya yang sebaiknya adalah :

$$S_{\text{baru}} = 382,11 \text{ kVA} \times 1,5 = 573,16 \text{ kVA}$$

Dengan mempertimbangkan rugi-rugi daya pada trafo, kemungkinan pengoperasian peralatan laboratorium secara bersamaan serta kemungkinan pengembangan di masa datang, maka besar kontrak daya yang baru adalah :

$$S_{\text{baru}} = 630 \text{ kVA}$$

Dengan demikian besar parameter-parameter akan berubah menjadi :

Faktor kebutuhan baru = 91,0 %

Biaya beban tetap lama  
= 1.400 kVA x Rp. 23.000,-  
= Rp. 32.200.000,- / bulan

Biaya beban tetap baru  
= 630 kVA x Rp. 23.000,-  
= Rp. 14.490.000,- / bulan

Penghematan biaya  
= Rp. 32.200.000,- Rp. 14.490.000,- per bulan  
= Rp.17.710.000,- / bulan  
= Rp. 212,52 Juta /tahun

### 3.2.5. Faktor Daya ( Cos $\theta$ )

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan cos  $\theta$  bervariasi, ini tentunya sangat dipengaruhi oleh beban. Besar cos  $\theta$  untuk beberapa hari (hari kerja dan hari libur )dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Faktor daya

Hari	Transformator 1A			Transformator 1B		
	Cos $\theta$ Min	Cos $\theta$ Rata	Cos $\theta$ maks	Cos $\theta$ min	Cos $\theta$ rata	Cos $\theta$ Maks
Rabu	0.31	0.72	0.93	0.07	0.55	0.76
Kamis	0.27	0.77	0.96	0.06	0.47	0.77
Jumat	0.25	0.73	0.92	0.08	0.46	0.77
Sabtu	0.19	0.59	0.97	0.12	0.43	0.57
Minggu	0.21	0.58	0.97	0.14	0.44	0.59
Senin	0.21	0.77	0.95	0.10	0.43	0.62
Selasa	0.38	0.78	0.96	0.14	0.44	0.64
Rabu	0.20	0.80	0.96	0.06	0.38	0.65

Salah satu cara untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan membebani trafo pada beban yang optimum. Hal dapat dilakukan dengan mengoperasikan hanya sebuah trafo saja (yang lainnya standby) baik pada waktu hari kerja maupun pada hari libur. Bila hal ini dilakukan disamping memperbaiki faktor daya sistem, juga mengurangi rugi-rugi tetap trafo serta memperpanjang usia pakai trafo.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan :

- Kapasitas terpasang (kontrak daya ke PLN) untuk pemakaian (baik pada hari kerja maupun hari libur) seperti sekarang ini terlalu besar, hal ini mengakibatkan pengeluaran biaya beban (tetap) cukup tinggi yang seharusnya tidak perlu. Sehingga untuk solusi ini diperlukan penurunan kontrak daya dari 1.400 kVA menjadi 630 kVA. Bila hal ini dilakukan diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. Rp.17.710.000,- per bulan atau Rp. 212,52 Juta/tahun.
- Untuk kondisi beban seperti sekarang ini, cukup hanya mengoperasikan sebuah trafo saja untuk melayani beban-beban, bila hal ini dilakukan akan berdampak pada perbaikan faktor daya dan reduksi rugi-rugi tetap trafo (rugi-rugi tetap trafo = 2,1 kW), bila beroperasi terus menerus akan diperoleh penghematan 16.632 kWh / tahun atau sekitar 6,2 juta/tahun

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional "Prosedur Audit Energi pada Gedung-Gedung " SNI 03-6196-2000, Tahun 2000
- Kobayashi, Shinichi "Measurement and Management for Energy Conservation" Energy Efficiency and Conservation, ECCJ, Japan, Textbook No. 17, 2002
- Palaloi, Sudirman dkk, " Audit Energi pada Sistem Kelistrikan dan Tata Udara di Laboratorium Bioteknologi" UPT-LSDE, 2002
- Tarif Dasar Listrik PLN 2002
- Yamaguchi, Kenjiro " Energy Conservation in Building" Energy Efficiency and Conservation, ECCJ, Japan, Textbook No. 20, 2002

