

---

# PENERAPAN MANAJEMEN ENERGI DI HOTEL SEBAGAI USAHA MENGURANGI EMISI KARBON

IAD. Giriantari, Made Sumantera  
Program Studi Magister (S2) Teknik Elektro UNUD  
e-mail: dayu.giriantari@unud.ac.id

## Abstract

*Energy management is very crucial now days due to the energy crisis and considering the emission produce by the activity. The production of energy releases large amount carbon emission to the environment, in addition the energy usage also produces carbon emission. Therefore, the unwise usage of energy leads to damage environment due to double amount of carbon emission. Application an energy management has an important role in reducing energy use in hotel particularly. Energy management in a hotel has produced a decision to apply a heat recovery system at their air condition system. It has significantly reduced oil consumption of the boiler from 772.274 litre/year to 158.472 litre/year that means a reduced on the carbon emission of 1.641.307 kg /year.*

**Keywords :** *energy management, emission, environment, heat recovery system*

## 1. Latar Belakang

Pembangkitan energi listrik di Indonesia saat ini masih dengan membakar sumber energi fosil (batubara dan minyak bumi) yang selalu akan menghasilkan emisi buang yang berdampak buruk terhadap lingkungan. Sementara itu, di lain pihak energi listrik merupakan kebutuhan pokok masyarakat. Oleh karena itu pemanfaatan energi listrik hendaknya dilakukan dengan bijak sehingga pembakaran fosil dapat dikurangi dengan demikian emisi buang juga berkurang.

Selain hal tersebut diatas, cadangan sumber energi fosil sangat terbatas dan diperkirakan hanya akan bertahan sampai 50 tahun lagi (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2005). Harga dari bahan bakar fosil ini juga terus meningkat. Dengan harga minyak internasional yang berkisar antara \$ 70 per barrel (data terakhir Juni 2009), memaksa pemerintah Indonesia harus mengeluarkan lebih dari \$ 7 triliun untuk subsidi. Jumlah ini lebih besar daripada gabungan antara anggaran tahunan untuk Departemen Kesehatan dan Departemen Pendidikan Nasional kita. Namun, minyak tetap mendominasi sumber energi Indonesia, dan masih menjadi kontributor bagi usaha pembangkit listrik.

Pelanggan Listrik komersial merupakan konsumen listrik yang sangat besar di sektor urban. Penggunaan listrik di sektor ini bisa dihemat melalui metode tanpa atau biaya rendah, dan bisa menghemat lebih banyak lagi dengan biaya menengah-tinggi. Untuk setiap kilowatt/jam listrik yang tidak dipakai sektor urban, berarti menyediakan 1 kilowatt/jam listrik untuk mereka yang hingga kini belum mendapat akses listrik, juga berarti berkurangnya polusi di daerah sekitar pembangkit listrik yang berakibat berkurangnya emisi gas rumah kaca.

Salah satu sektor komersial yang penting terutama di Bali adalah industri perhotelan. Hotel yang merupakan sektor industri pelayanan atau *hospitality* merupakan salah satu konsumen energi listrik yang besar dalam tingkat konsumsinya. Studi ini dibuat dengan mengambil contoh penerapan manajemen energi pada sebuah hotel di Nusa Dua dengan mengaplikasikan *Heat Recovery System* yang memanfaatkan energi panas yang dikeluarkan oleh sistem pendingin untuk boiler. Studi ini menjelaskan bahwa manajemen energi di hotel dapat mengurangi emisi karbon yang cukup signifikan.



- b. Membentuk tim energi yang akan dipimpin oleh manajer energi yang ditunjuk diatas untuk merumuskan secara detil rencana program manajemen energi hotel yang akan dilaksanakan. Tim energi yang dibentuk idealnya melibatkan semua manajemen dibawah yang ada di hotel tersebut sehingga benar-benar dapat mewakili seluruh stake holder yang terlibat di hotel.
- c. Membuat kebijakan energi. Kebijakan energi dibuat bersama-sama dengan manajemen puncak dan tim energi yang telah dibentuk, kebijakan energi yang dibuat benar-benar harus mengacu kepada efisiensi penggunaan energi di hotel.

**2). Assess Performance**

Tahap *Assess Performance* merupakan tahap mengumpulkan data, menentukan *baselining* dan melakukan analisa dan evaluasi awal atau merupakan proses audit energi.

Tahap *Assess Performance* dibagi menjadi tiga langkah utama (Wyne C. Turner.2005, dan European Commision, 2000), yaitu :

- a. Menentukan variabel data yang akan digunakan dalam implementasi manajemen energi ini, seperti dibawah ini:

Variable Data	
Square Meters	Luas bangunan
Guest Night	Total tamu
Food Covers	Total tamu makan
Cool Deg Days	Suhu
Heat Deg Days	Suhu
Energy MJ	Energi dlm mega joule
Water M <sup>3</sup>	Pemakaian air
Energy Cost	Biaya energi
Water cost	Biaya air
Laundry (Kg)	Total pencucian

Berdasarkan variabel data yang ditabelkan diatas, pada karya tulis ini variabel data yang digunakan adalah variabel data yang berhubungan dengan energi listrik saja yaitu : luas bangunan, total tamu, total tamu makan, suhu (*cooling degree days*), energi dalam mega joule, biaya energi, total pencucian.

Satuan energi dinyatakan dalam mega joule dengan menggunakan formulasi (Kenneth C. Weston, 2000) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Fuel} &= \text{Liter} \times 38,59 = \text{MJ} \\
 \text{Listrik} &= \text{kWh} \times 3,59 = \text{MJ} \\
 \text{LPG} &= \text{Kg} \times 49,200 = \text{MJ}
 \end{aligned}$$

*Cooling degree per days* adalah variabel yang digunakan untuk menghitung tingkat kenaikan suhu atau temperatur lingkungan, variabel ini dinyatakan dalam formulasi (Wyne C. Turner.2005, dan (Wyne C. Turner, 2005, dan European Commision, 2000) :

$$\text{Cooling degree} = \frac{\text{HighestTemperature} + \text{LowestTemperature}}{2} - 18^{\circ}$$

Pada contoh di atas suhu tertinggi pada hari itu adalah sebesar 34<sup>o</sup> Celcius, kemudian suhu terrendah pada hari itu adalah 24<sup>o</sup>, maka *cooling degree* didapatkan sebesar 11. *Cooling degree* sangat berpengaruh dalam konsumsi energi, karena suhu atau temperatur lingkungan yang menurun menyebabkan tingkat konsumsi energi untuk melakukan pendinginan ruangan (AC) menjadi berkurang.

- b. *Baselining dan Benchmarking*  
*Baselining dan Benchmarking* dilakukan untuk mendapatkan standar yang sesuai untuk digunakan sebagai acuan di dalam merencanakan *action plan* (Wyne C. Turner.2005, dan European Commision.2000). *Baselining* yang digunakan adalah hotel dengan data seperti Tabel 1. Karena di Indonesia belum ada standar yang dapat digunakan sebagai acuan, maka data benchmarking menggunakan standar dari Amerika Serikat. Walaupun standar ini terlalu ideal untuk ukuran Indonesia, tetapi dapat digunakan sebagai pembanding.

**Tabel 1. Baseline  
389 rooms, 42.189 m<sup>2</sup>, full Laundry and Bath tub**

Month	#Guest	Energy Cost	MJ / M2	\$/M <sup>2</sup>	MJ / Guest	\$/ Guest	Water Cost	M <sup>2</sup> / M <sup>3</sup>	\$/ M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup> / Guest	\$/ Guest
Jan	15.079	\$104.913	137	\$2.4867	382	\$6.9575	\$9.446	0,54	\$0.2239	1,52	\$0.6264
Feb	12.704	\$75.081	95	\$1.7796	316	\$5.9100	\$8.416	0,49	\$0.1995	1,61	\$0.6625
Mar	14.065	\$80.023	102	\$1.8968	306	\$5.6895	\$7.629	0,44	\$0.1808	1,32	\$0.5424
Apr	16.208	\$79.724	101	\$1.8897	262	\$4.9188	\$7.342	0,42	\$0.1740	1,1	\$0.4530
May	14.592	\$84.061	103	\$1.9925	298	\$5.7608	\$7.022	0,45	\$0.1664	1,15	\$0.4812
Jun	14.905	\$79.142	99	\$1.8759	279	\$5.3098	\$6.933	0,43	\$0.1643	1,12	\$0.4651
Jul	21.041	\$82.355	105	\$1.9521	211	\$3.9140	\$8.130	0,47	\$0.1927	0,94	\$0.3864
Aug	19.294	\$81.078	105	\$1.9218	230	\$4.2023	\$7.659	0,46	\$0.1815	1.00	\$0.3970
Sept	19.853	\$81.827	103	\$1.9395	219	\$4.1216	\$8.193	0,48	\$0.1942	1,01	\$0.4127
Oct	19.976	\$88.346	108	\$1.0941	227	\$4.4226	\$8.187	0,47	\$0.1940	1.00	\$0.4098
Nov	16,175	\$83,575	102	\$1.9810	266	\$5.1669	\$7,074	0,41	\$0.1677	1.08	\$0.4373
Dec	17,263	\$88,264	106	\$2.0921	260	\$5.1129	\$7,323	0,43	\$0.1463	1.06	\$0.4242
Y-T-D	<b>167.717</b>	<b>\$836.551</b>	<b>1.057</b>	<b>\$19.8286</b>	<b>266</b>	<b>\$4.4.9879</b>	<b>\$78.965</b>	<b>4,56</b>	<b>\$1.8715</b>	<b>1,15</b>	<b>\$0.4708</b>
2006	<b>128.359</b>	<b>\$1.041,453</b>	<b>1.318</b>	<b>\$24.6854</b>	<b>433</b>	<b>\$8.1136</b>	<b>\$99.586</b>	<b>5,69</b>	<b>\$2.3605</b>	<b>1,87</b>	<b>\$0.7758</b>

**Tabel 2. Performance Indicator & Benchmark Range**

<b>Performance Indicator* and the Benchmark ( BM ) Range</b>	
<b>Performance Indicators</b>	<b>BM Range</b>
<b>Engineering Department</b>	
Power Factor	<b>0.98 to 0.99</b>
Total electricity consumed by hotel per year <b>kWh/m<sup>2</sup>/year</b>	<b>175 TO 225</b>
Total energy consumed by the hotel per unit area per year <b>GJ/m<sup>2</sup>/year</b>	<b>1 TO 1.5</b>
Total water (domestic + municipal water ) consumed per 100 guest stayed in the hotel <b>M<sup>3</sup>/100 guest/day</b>	<b>35 TO 45</b>
Repair and maintenance expenditure for engineering Vs Financial turn over	<b>1 : 60 TO 75</b>
<b>Laundry Department</b>	
Electricity consumed for processing linen (includes washing, rinsing, finishing and lighting in the laundry department) per day <b>kWh/Ton of linen processed/ day</b>	<b>130 TO 150</b>
Total water (cold and hot) consumed for processing linen per day <b>M<sup>3</sup>/Ton of linen processed / day</b>	<b>36 TO 43</b>
Total chemical (light, dark, and white) load consumed for processing linen per day <b>Kg / Ton of linen processed / day</b>	<b>12 TO 15</b>
Repair and maintenance ( R&M) expenditure on laundry machinery Vs guest laundry earning	<b>1 : 6 TO 10</b>
Repair and maintenance ( R&M) expenditure on laundry machinery Vs Financial turn over	<b>1 : 500 TO 600</b>

c. Melakukan analisa dan evaluasi. Dari *baseline* dan *benchmarking* dilakukan analisa dan evaluasi variabel data mana saja yang terlibat dalam proses manajemen energi pada efisiensi energi listrik. Dari tabel performance indicator dan benchmarking range kita dapat melihat untuk engineering department antara lain: power factor, total konsumsi energi dalam kWh/m<sup>2</sup>/year dan seterusnya (Kenneth C. Weston, 2000).

**i. Set Goals**

Tahap *Set Goals* meliputi kegiatan mengembangkan sasaran performa yang efektif, menentukan batasan/*scope*, mengestimasi potensi-potensi yang bisa ditingkatkan dan membuat sasaran. Dalam menentukan sasaran yang ingin dicapai sebaiknya ditentukan secara bertahap tidak membuat banyak sasaran dalam waktu yang bersamaan (European Commision, 2000).

Tabel 3 dibawah ini adalah contoh bagaimana menentukan sasaran:

Pada tabel diatas, terlihat beberapa aksi yang akan dilakukan misalnya dengan menaikkan *power factor* diharapkan menghasilkan efisiensi rata-rata sebesar 5,1 %, kemudian pada sistem pendingin ruangan dengan menginstall *variabel air volume control* dapat meningkatkan efisiensi rata-rata sebesar 12.6%, demikian seterusnya.

**3). Action Plan**

Pada tahap *Create Action Plan* ditentukan langkah-langkah teknis dan target yang ingin dicapai, menentukan aturan-aturan dan sumber daya yang dibutuhkan. Sebagai contoh: Sebuah hotel membuat action plan mengganti Chiller dengan chiller baru yang bisa memanfaatkan kembali hawa panas yang dikeluarkan, maka dilakukan perhitungan teknis awal.

**Perhitungan saving biaya minyak solar:**

Jika pola beban pendinginan dari hotel diketahui, maka HRS advantage juga bisa diketahui seperti pada tabel 4 dibawah ini.

**Tabel 3. Contoh set goals**

No.	ACTION	Average savings (% of Building Electric)
<b>Electrical Power System</b>		
1	Raise Power Factor	5.1
2	Lower excess transformer capacity	3.3
<b>Air Conditioning System</b>		
1	Install Variable Air Volume Control	12.6
2	Install Heat Exchanger for Incoming	12
3	Maintain Clean AHU filters, cooling coils	7.2
4	minimize outdoor intake	6.0
5	Optimize chiller operation	4.9
6	replace over-sized electric motors	3.8
7	Install variable speed pumps	1.6
8	Install high efficiency pumps	1.3
<b>Lighting</b>		
1	Lower lighting Wattage	5.1
2	Reduce lighting hours	2.8
<b>Envelope Modifications :</b>		
1	Lower window-wall ratio	12.7
2	Install double glazed windows	2.1
3	Instulation, iftration, roof absorption	0.8
<b>Elevators</b>		
1	Eliminate 1-floor elevators trips	

**Tabel 4. Beban Pendinginan Hotel**

JAM OPERASI	BEBAN PENDINGINAN HOTEL	HRS ADVANTAGE (TR)
7	25 %	14
8	35 %	19,6
9	40 %	22,4
10	45 %	25,2
11	60 %	33,7
12	80 %	44,9
13	95 %	53,3
14	100 %	56,1
15	95 %	53,3
16	95 %	53,3
17	95 %	53,3
18	100 %	56,1
19	95 %	53,3
20	85 %	47,7
21	75 %	42,1
22	65 %	36,5
23	55 %	30,9
24	50 %	28,1
1	45 %	25,2
2	65 %	36,5
3	60 %	33,7
4	30 %	16,8
5	25 %	14
6	25 %	14
<b>TOTAL HRCAPACITY/DAY</b>	<b>15,4</b>	<b>863,9</b>

Untuk hasil air panas 60°C dari suhu awal 25°C (“T = 35°C). Total HR Capacity/day = 863,9 TR = 2.612.600,80 kcal/day

Hasil air panas dari HR = 2.612.600,80/35.000 = 74,65 m<sup>3</sup>/day.

Jika 1 liter minyak solar = 7000 kcal, maka konsumsi solar/day = 2.612.600,80/7000 = 373,23 liter/day.

Jika harga 1 liter solar non subsidi = Rp.6000, maka *saving*:

biaya solar/tahun = 365xRp.6000x373,23 liter  
= Rp. 817.417.500,-

Jika USD 1.00 = Rp.10.500,- maka  
= USD 77,849.29

Hal ini berarti *saving* biaya untuk membeli bahan bakar solar pertahun adalah USD 77,849.29

**Perhitungan *saving* dari pemakaian listrik (kWh):**

Jika dari pengukuran diketahui pemakaian Chiller existing membutuhkan listrik sebesar 7024,8 kWh/hari, maka biaya pertahun adalah:  
365hari x 7024,8kWh x Rp.750 = Rp.1.923.039.000,-

Sedangkan 2set Chiller baru terdiri dari chiller, pompa, dan cooling tower yang direncanakan akan dipasang membutuhkan:

1. Chiller konsumsi 3573,6 kWh/hari, maka biaya pertahun adalah:  
365hari x 3573,6 kWh x Rp. 750  
= Rp. 978.273.000
2. Pompa CW = 57kW, maka biaya pertahun:  
57 kW x Rp. 750 x 24 x 365  
= Rp. 374.490.000
3. Cooling Tower = 11 kW, maka biaya setahun:  
11kW x Rp. 750 x 24 x 365  
= Rp. 72.270.000

Jadi biaya pemakaian listrik total pertahun untuk Chiller baru adalah: Rp. 1.425.033.000

Sehingga *saving cost* dari pemakaian listrik pertahun adalah: Rp. 498.006.000.

Jika USD1.00 = Rp. 10.500 maka *saving cost* menjadi USD 47,429.14

Jika investasi untuk membeli 2 set Chiller terdiri dari chiller, pompa dan cooling tower adalah USD

240,988.00, maka *Return of Investment (ROI)* =  
 $240,988 / (77,849.29 + 47,429.14)$   
 = 1,9 tahun  
 = 1 tahun 11 bulan

**ii. Implement Action Plan**

Pada tahap ini beberapa langkah yang harus dilakukan (European Commission.2000) adalah :

- a. Membuat rencana komunikasi yang intens antara semua stake holder yang terlibat di dalam pengelolaan hotel, mulai dari tingkat manajemen sampai dengan tingkat paling bawah seperti room boys sehingga terjalin komunikasi yang akrab yang mendukung program manajemen energi ini.
- b. Meningkatkan kesadaran pengguna energi di lingkungan hotel, termasuk para tamu di beri penjelasan yang memadai sehingga mereka memahami mengapa tindakan penghematan energi ini diperlukan.
- c. Motivasi diperlukan juga untuk meningkatkan kesadaran yang pada akhirnya membuat program manajemen energi ini sukses.
- d. Melakukan tracking dan monitoring. Pelacakan dan monitoring diperlukan agar apa yang telah direncanakan pada action plan benar-benar dilakukan pada implementaion action plan ini.

**iii. Evaluate Progress**

Pada tahap ini dilakukan langkah-langkah pengukuran hasil-hasil dari implementation plan, kemudian dilakukan review terhadap action plan yang telah dilakukan.

Dari hasil review akan didapatkan apakah implementation plan yang telah dilakukan hasilnya sesuai dengan set goals (sasaran) yang telah ditetapkan. Bila hasilnya sesuai atau lebih bagus dari set goals maka action plan ini dapat dilakukan lagi untuk kedepannya. Bila hasilnya tidak sesuai atau sebaliknya, maka harus dilakukan reassesment untuk melakukan perbaikan yang berkelanjutan dan proses di ulangi lagi mulai dari langkah ke dua yaitu Assess Performance.

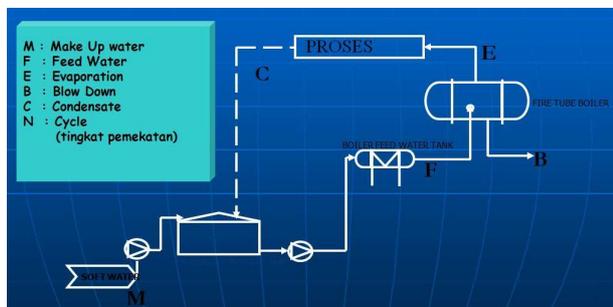
Sebuah hotel yang telah mengimplementasikan *Heat Recovery System* ini dan melakukan evaluasi diperoleh pengurangan pemakaian bahan bakar solar yang sangat signifikan. Tabel dibawah menunjukkan sebelum dan sesudah implementasi HRS.

Dari tabel 4 terlihat bahwa penurunan pemakaian bahan bakar dari 772.274 liter/tahun menjadi 158.472 liter/pertahun atau sekitar 613.802 liter.

Berdasarkan data dari *National Energy Foundation* (National Energy Foundation Website: <http://www.nef.org.uk/greencoportunity/>



**Gambar 2. Implementasi Heat Recovery System di Hotel**



**Gambar 3. Blok diagram Heat Recovery System**

Tabel 5  
Konsumsi energi sebelum dan sesudah implementasi HRS

BEFORE IMPLEMENTATION 2007					AFTER IMPLEMENTATION 2008				
		Units	Total	Average per month			Units	Total	Average per month
A	<b>Electric</b>				A	<b>Electric</b>			
1	Total Electric cost	Rp	1,938,281,676	484,570,419	1	Total Electric cost	Rp	2,335,849,432	583,962,358
B	<b>LPG</b>				B	<b>LPG</b>			
1	Total Used	kg	93,339	23,335	1	Total Used	kg	21,513	5,378
2	Rate	Rp/kg	8,125	8,125	2	Rate	Rp/kg	8,146	8,146
3	Total LPG Cost	Rp	758,335,066	189,583,767	3	Total LPG Cost	Rp	175,251,766	43,812,942
C	<b>Solar Fuel</b>				C	<b>Solar Fuel</b>			
1	Total Used	Liter	772,274	193,069	1	Total Used	Liter	158,472	39,618
2	Rate	Rp/Lt	11,413	11,413	2	Rate	Rp/Lt	9,895	9,895
3	Total Solar Fuel Cost	Rp	8,813,606,494	2,203,401,624	3	Total Solar Fuel Cost	Rp	1,568,076,553	392,019,138
D	<b>Grand Total</b>	<b>RP</b>	<b>11,510,223,236</b>	<b>2,877,555,809</b>	D	<b>Grand Total</b>	<b>RP</b>	<b>4,079,177,751</b>	<b>1,019,794,438</b>
E	<b>Grand Total</b>	<b>USD</b>	<b>1,251,111</b>	<b>312,778</b>	E	<b>Grand Total</b>	<b>USD</b>	<b>443,389</b>	<b>110,847</b>

<b>RESULT SAVING</b>	<b>RP</b>	<b>7,431,045,485</b>	<b>1,857,761,371</b>
	<b>USD</b>	<b>807,722</b>	<b>201,931</b>
<b>RESULT YEARLY SAVING</b>	<b>USD</b>		<b>2,423,167</b>

co2calculator.htm), konversi pembakaran 1 liter solar menghasilkan 2,674 kg CO<sub>2</sub> maka pengurangan emisi CO<sub>2</sub> ke udara pertahun dari 613.802 liter solar adalah sebesar 1.641.307 kg CO<sub>2</sub>.

#### iv. *Recognized Achievement*

Pada tahap ini bila hasil yang dicapai memuaskan maka pihak manajemen sebaiknya memberikan penghargaan dan mengumumkan pencapaian ini di lingkungan internal hotel dan eksternal hotel agar metode atau aturan-aturan yang diterapkan di hotel ini dapat ditiru oleh pihak atau hotel lainnya demi tercapainya penggunaan energi yang efisien.

Seperti halnya kasus diatas, pihak hotel bisa mengumumkan kepada publik dan konsumen tentang keberhasilan dalam pengurangan emisi CO<sub>2</sub> yang dilakukan. Hal ini akan memberi dampak positif bukan hanya kepada lingkungan akan tetapi juga kepada hotel tersebut dengan populernya *Ecotourism* di dunia.

Dari suksesnya implementasi HRS maka akan memacu untuk melakukan manajemen energi dan inovasi lain untuk mencapai pemanfaatan energi yang efisien sehingga dapat memperbesar *revenue* dari hotel tersebut disamping juga ikut andil dalam memperlambat perubahan iklim dunia.

#### 4. Simpulan dan Saran

##### 1) **Simpulan**

Manajemen energi di sektor industri perhotelan memberikan dampak signifikan terhadap penurunan emisi CO<sub>2</sub> ke udara sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan.

Implementasi *Heat Recovery System* (HRS) di hotel dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebanyak 1.641.307 kg atau 1.641,307 ton. Keberhasilan hotel di Bali dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dapat digunakan sebagai promosi *Ecotourism* kepada dunia.

Manajemen energi di industri hotel dapat menghasilkan pemakaian energi yang efisien sehingga menambah *revenue* dan ikut mengurangi pemanasan global.

##### 2). **Saran**

*Heat Recovery System* (HRS) adalah salah satu cara untuk efisiensi energi. Masih banyak cara lain yang bisa dilakukan seperti: mengganti lampu dengan lampu hemat energi, memelihara/ membersihkan AC secara rutin, dan lain sebagainya.

**Daftar Pustaka**

- Albert Thurman and Eric A. Woodroof. 2005. *Handbook of Financing Energy Projec.* The Fairmont Press.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2005. *Kebijakan Energi Nasional.* Jakarta.
- European Commision.2000. *Energy Audit Guide.* Athens.
- Kenneth C. Weston. 2000. *Energy Conversion-The Ebook.*
- National Energy Foundation Website: <http://www.nef.org.uk/greencompany/co2calculator.htm> Óy
- PT. PLN (Persero). *Laporan Tahunan 2007.* Jakarta.
- Stephen A. Roosa, Ph.D. and Arun G. Jhaveri, Ed.D.2008. *Carbon Reduction, Policies, Strategies and technologies.* The Fairmont Press.
- Volker Quashcning.2005. *Understanding Renewable Energy System.* Earthscan –UK.
- Wyne C. Turner.2005. *Energy Management Handbook.* The Fairmont Press.