

AUDIT ENERGI UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI KONSUMSI ENERGI PADA JAKARTA DI GEDUNG

Cahyono Heri Prasetyo¹, Ahmad Zayadi²
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nasional^{1 2}
Email² : zayadiahmad43@gmail.com

Abstract

Energy Audit to Improve Energy Consumption Efficiency in Building D Bank Indonesia, Electrical energy is one of the most important necessities of life for humans. Various human activities require electrical energy. Likewise, the activity in the D building which is one of the buildings in the Office Environment Bank Indonesia (KOPERBI) requires electrical energy is very large. Electrical energy is supplied from PLN 9,500 kVA connected power and back-up generator 5 x 1,500 kVA, equivalent to 7,500 kVA. Distribusui use electrical energy as follows: 8.56% lighting load, air conditioner (AC) 67.72% and 23.72% other building equipment. IKE standard used in Indonesia is the result of research conducted by ASEAN USAID in 1987 that a new report issued in 1992, which for the office's value is 240 kWh / m² per year. IKE Building D BI is as follows IKE Initial Energy Audit is 250.03 kWh / m².tahun, IKE Detailed Energy Audit is 239.81 kWh / m².tahun, IKE Phase 1 After Implementation PHE is 224.02 kWh / m² .tahun, IKE Phase 2 After Implementation PHE is 219.06 kWh / m².tahun. Electrical energy consumption in Building the Jakarta.

Keywords: Energy Audit, Energy Efficiency, Energy Consumption Intensity (IKE), Save Energy

PENDAHULUAN

Krisis energi dalam dasawarsa terakhir ini menjadi sorotan semua negara. Hal tersebut terjadi karena semua orang sadar akan terbatasnya sumber energi dan berbanding terbalik dengan kebutuhan energi yang semakin meningkat, terutama energi listrik. Dewasa ini hampir semua kegiatan melibatkan energi listrik. Mulai dari membersihkan rumah dengan vakum *cleaner* sampai produksi kendaraan berteknologi tinggi menggunakan sistem robot dalam dunia industri. Program pemerintah salah satunya adalah mengatasi masalah krisis energi dengan cara membangun pembangkit listrik yang dapat mensuplai 35.000 MW untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik nasional. Berbagai cara dilakukan pemerintah guna mencapai targetnya dalam memperoleh tenaga listrik tersebut. Pemerintah menyediakan investasi 110 triliun rupiah untuk membangun pembangkit tenaga listrik. Program tersebut tidak bisa dikatakan ambisius jika dilihat secara global, mengingat kemajuan suatu negara dalam menangani kebutuhan energinya merupakan salah satu indikator kemajuan negara tersebut.

Tujuan audit energi pada penelitian ini sebagai berikut: Mengetahui standarisasi *green building*; Mengetahuai profil penggunaan energi

pada suatu gedung; Mengetahui cara melakukan penghematan energi; Mencari peluang untuk melakukan penghematan energi tanpa mengurangi tingkat kenyamanan hunian.

METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan audit awal dan audit rinci dapat dilihat pada bagan alir pada gambar 2.

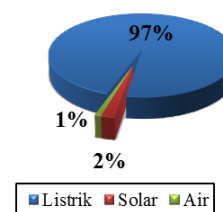
PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

Audit Energi Awal

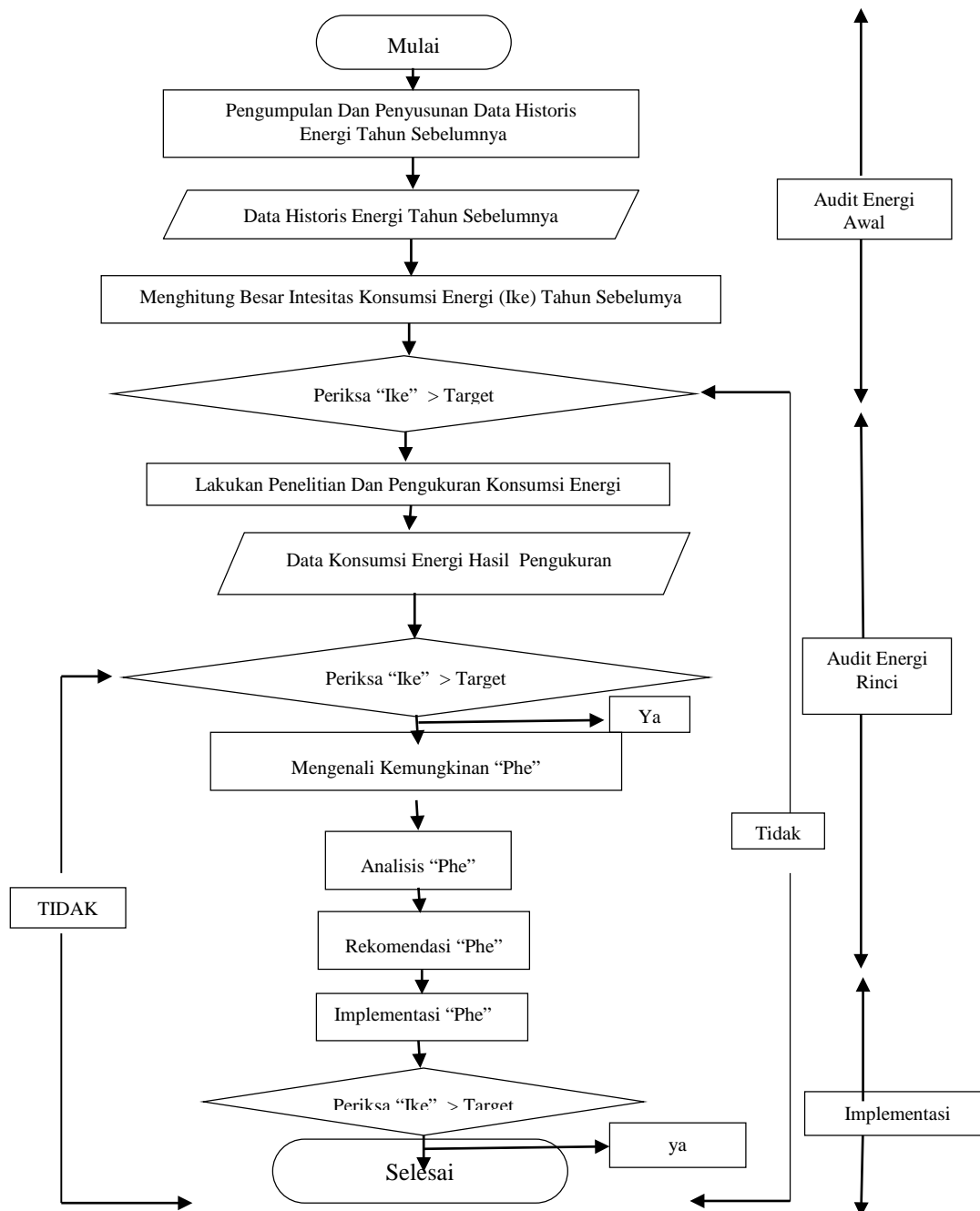
Data Konsumsi Energi

Building Management Gedung D Bank Indonesia secara rutin melakukan pengecekan kWh meter. Kegiatan tersebut merupakan pekerjaan rutin untuk mengetahui profil penggunaan energi pada gedung.

Grafik Konsumsi Occupancy Rate 2014 s/d 2015



Gambar 1. Grafik prosentase pemakaian energi di Tahun 2014 s/d 2015



Gambar 2. Bagan alir proses audit energi gedung

Jika dilakukan analisis dari diagram pemakaian energi di Gedung D Bank Indonesia dapat ditarik kesimpulan bahwa biaya konsumsi energi terutama energi listrik cukup besar yaitu sebesar 97% dan menempati posisi pertama dalam biaya pemakaian energi yang ada di Gedung D Bank Indonesia dibandingkan biaya konsumsi energi yang lain.

Menghitung IKE

Dari data konsumsi energi dan data luasan bangunan serta tingkat *occupancy rate* di gedung, maka dapat dihitung besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Gedung D Bank Indonesia selama satu tahun dengan periode bulan September 2014 s/d

Agustus 2015. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{IKE} = \frac{kWH \text{ total}}{\text{Luas Area Dikond.} \times \text{Occ} + \text{Luas Tidak Dikond.}}$$

$$\text{IKE} = \frac{7.595.637,00 \text{ kWH}}{23.961,35 \times 0,6702 \text{ m}^2 + (38.280 - 23.961,35)\text{m}^2}$$

$$\text{IKE} = 250,03 \text{ kWH/m}^2 \text{. tahun}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diperoleh besarnya IKE listrik mula-mula per satuan luas adalah 250,03 kWh / m² year. Sedangkan target IKE per satuan luas untuk perkantoran adalah 240 kWh / m² tahun (standar IKE ASEAN-USAID tahun 1992). IKE Gedung D Bank Indonesia lebih besar daripada target IKE listrik. Oleh karena itu diperlukan Audit Rinci untuk melihat besar IKE yang lebih nyata atau mendekati sistem.

Audit Energi Rinci

Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan IKE

Perhitungan energi listrik dilakukan dengan menggunakan data berdasarkan pada nilai terukur yang terbaca pada kWh meter di tiap-tiap unit yang terletak pada ruang kontrol panel (*control panel room*) dan melakukan pengukuran langsung menggunakan *digital clamp meter* di Gedung D Bank Indonesia. *Building Management* selain melakukan pengukuran berdasarkan pencatatan kWh meter sebulan sekali mereka juga melakukan pengukuran dan pengecekan setiap hari pada pukul 7:00, 11:00, 18:00 dan pukul 22:00 WIB. Hal ini dilakukan untuk memantau lebih detail profil konsumsi energi listrik.

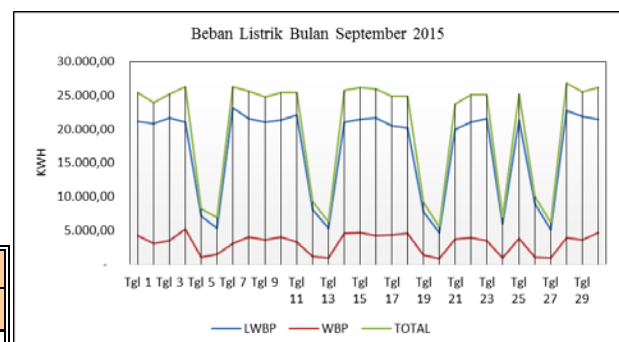
Berikut ini adalah data hasil pengukuran konsumsi energi listrik pada Gedung D Bank Indonesia:

Tabel 1. Data pemakaian listrik penerangan dan AHU (TM1)

| Tgl | Data Pemakaian MWH | | | | | | |
|-----|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 7:00 | 11:00 | 18:00 | 22:00 | LWBP | WBP | Total |
| 1 | 2,348 | 1,982 | 3,882 | 1,934 | 8,212 | 1,934 | 10,146 |
| 2 | 2,240 | 2,298 | 4,014 | 1,422 | 8,552 | 1,422 | 9,974 |
| 3 | 2,388 | 1,324 | 4,474 | 1,676 | 8,186 | 1,676 | 9,862 |
| 4 | 2,210 | 2,030 | 3,080 | 2,993 | 7,320 | 2,993 | 10,313 |
| 5 | 0,243 | 0,568 | 1,202 | 0,332 | 2,013 | 0,332 | 2,345 |
| 6 | 0,634 | 0,352 | 0,720 | 0,498 | 1,706 | 0,498 | 2,204 |
| 7 | 2,232 | 2,228 | 4,262 | 1,326 | 8,722 | 1,326 | 10,048 |
| 8 | 2,224 | 2,252 | 3,854 | 1,862 | 8,330 | 1,862 | 10,192 |
| 9 | 2,066 | 1,936 | 4,010 | 1,630 | 8,012 | 1,630 | 9,642 |
| 10 | 2,050 | 1,908 | 3,940 | 1,760 | 7,898 | 1,760 | 9,658 |
| 11 | 2,322 | 1,686 | 3,984 | 1,235 | 7,992 | 1,235 | 9,227 |
| 12 | 1,465 | 0,590 | 1,280 | 0,452 | 3,335 | 0,452 | 3,787 |
| 13 | 0,678 | 0,362 | 0,378 | 0,260 | 1,418 | 0,260 | 1,678 |
| 14 | 1,814 | 1,976 | 3,748 | 1,950 | 7,538 | 1,950 | 9,488 |
| 15 | 2,144 | 1,986 | 3,894 | 1,964 | 8,024 | 1,964 | 9,988 |
| 16 | 2,256 | 1,860 | 3,718 | 2,000 | 7,834 | 2,000 | 9,834 |
| 17 | 1,904 | 2,004 | 3,514 | 2,006 | 7,422 | 2,006 | 9,428 |
| 18 | 1,710 | 2,288 | 3,546 | 2,046 | 7,544 | 2,046 | 9,590 |
| 19 | 0,730 | 0,886 | 1,308 | 0,538 | 2,924 | 0,538 | 3,462 |

| | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|----------------|---------------|----------------|
| 20 | 0,604 | 0,224 | 0,378 | 0,254 | 1,206 | 0,254 | 1,460 |
| 21 | 2,118 | 1,760 | 4,084 | 1,620 | 7,962 | 1,620 | 9,582 |
| 22 | 1,968 | 2,042 | 4,100 | 1,696 | 8,110 | 1,696 | 9,806 |
| 23 | 2,074 | 1,828 | 4,122 | 1,717 | 8,024 | 1,717 | 9,741 |
| 24 | 1,167 | 0,226 | 0,472 | 0,268 | 1,865 | 0,268 | 2,133 |
| 25 | 2,124 | 1,868 | 3,682 | 1,868 | 7,674 | 1,868 | 9,542 |
| 26 | 1,378 | 0,700 | 1,576 | 0,532 | 3,654 | 0,532 | 4,186 |
| 27 | 0,600 | 0,636 | 0,594 | 0,244 | 1,830 | 0,244 | 2,074 |
| 28 | 2,788 | 1,886 | 3,386 | 1,838 | 8,060 | 1,838 | 9,898 |
| 29 | 2,598 | 1,794 | 3,932 | 1,668 | 8,324 | 1,668 | 9,992 |
| 30 | 2,452 | 1,440 | 3,910 | 1,994 | 7,802 | 1,994 | 9,796 |
| Total Pemakaian Bulan September 2015 | | | | | 187,493 | 41,583 | 229,076 |

Dari data kWh pada bulan September diatas terlihat pada hari sabtu (ditandai warna biru) dan hari minggu (ditandai warna merah) selalu mengalami penurunan daya pakai energi listrik pada TM1 dan TM3.



Gambar 3. Grafik beban energi listrik September 2015

Data konsumsi energi selama periode September 2014 s/d Agustus 2015 yang diukur setiap hari (audit energi rinci) dengan pengukuran 3 kali sehari diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 2. Data Konsumsi Energi Listrik Tahun 2014 s/d 2015

| Bulan | LWBP (kWh) | WBP (kWh) | Total kWh | ENERGY COST |
|--------|------------|------------|------------|-------------|
| Oct-14 | 599.047,40 | 107.289,00 | 706.336,40 | 835.523.232 |
| Nov-14 | 629.717,80 | 100757,60 | 730.475,40 | 759.139.254 |
| Dec-14 | 528.112,10 | 1002423,70 | 630.535,80 | 775.813.651 |
| Jan-15 | 455.102,20 | 94.118,40 | 549.220,60 | 682.748.648 |
| Feb-15 | 493.429,60 | 97.440,80 | 590.870,40 | 597.878.033 |
| Mar-15 | 455.027,10 | 106.577,30 | 561.604,40 | 640.466.706 |
| Apr-15 | 496.553,40 | 97.231,20 | 593.784,60 | 621.404.070 |
| Mei-15 | 465.126,60 | 78.951,60 | 544.078,20 | 857.399.951 |
| Jun-15 | 498.363,30 | 95.899,30 | 594.262,60 | 795.210.773 |

| | | | | |
|-----------|--------------|---------------|--------------|------------------|
| Jul-15 | 475.619,60 | 90.111,80 | 565.731,40 | 897.626.714 |
| Aug-15 | 519.271,50 | 97.512,70 | 616.784,20 | 844.244.051 |
| Sep-15 | 506.647,30 | 94.735,90 | 601.383,20 | 919.626.515 |
| Maksimum | 629.717,80 | 107.289,00 | 730.475,40 | 919.626.515,00 |
| Minimum | 455.027,10 | 78.951,60 | 544.078,20 | 597.878.033,00 |
| Total | 6.122.017,60 | 1.163.0048,40 | 7.285.066,00 | 9.227.081.598,00 |
| Rata-rata | 510.168,13 | 96.920,70 | 607.088,83 | 768.923.466,50 |

Sehingga IKE hasil pengukuran audit energi rinci dapat dihitung sebagai berikut.

IKE

kWH total

$$= \frac{\text{Luas Area Dikond.} \times \text{Occ} + \text{Luas Tidak Dikond.}}{\text{IKE}}$$

7.285.066,00 kWH

$$= \frac{23.961,35 \times 0,6702 \text{ m}^2 + (38.280 - 23.961,35) \text{ m}^2}{\text{IKE}}$$

$$\text{IKE} = 239,81 \text{ kWh/m}^2 \text{ tahun}$$

Dari perhitungan di atas dapat diperoleh besarnya IKE listrik hasil pengukuran (audit rinci) per satuan luas yang dikondisikan *net area* adalah 239,81 kWh/m² tahun. Dari hasil audit awal diperoleh nilai IKE listrik persatuan luas yang dikondisikan sebesar 250,03 kWh/m² year.

Kajian Peluang Hemat Energi (PHE)

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa penggunaan energi listrik paling besar terletak di Panel TM1 dan TM3. Panel TM1 mensuplai energi listrik untuk penerangan dan AHU sementara Panel TM3 mesuplai kebutuhan listrik untuk sistem pendingin atau AC.

Sistem AC sendiri terbagi dalam tiga komponen utama yaitu:

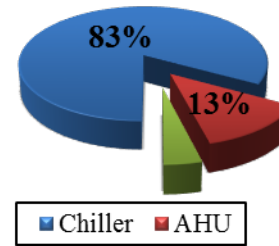
- Chiller (7 buah)
- AHU (20 buah dengan daya fan bervariasi)
- FCU (13 buah dengan daya fan bervariasi)

Kondisi kerja dari masing-masing unit tersebut di atas bisa digambarkan seperti berikut ini:

Tabel 4. Profil pengukuran arus listrik sistem pendingin udara

| | Arus (Amper) | % |
|---------|--------------|--------|
| Chiller | 12.553 | 83,03 |
| AHU | 1.961 | 12,97 |
| FCU | 605 | 4,00 |
| Total | 15.119 | 100,00 |

Grafik Konsumsi Nilai AHU, FCU dan Chiller



Gambar 4. Grafik komposisi nilai dari AHU, FCU, dan Chiller

Analisis Peluang Hemat Energi

Analisis Peluang Hemat Energi (PHE) pada penelitian ini terbagi dalam dua tahap. Tahap 1 merupakan analisis PHE yang bisa dilakukan tanpa mengeluarkan investasi biaya yang sangat besar, sehingga dapat dilakukan dengan mudah dan kemungkinan pelaksanaannya dapat terealisasi. Sementara PHE tahap 2 merupakan analisis PHE dengan menggunakan biaya yang cukup besar dan *break point* atau titik balik modal dari implementasi penghematan energi bisa dicapai dalam jangka waktu yang relatif lama.

Implementasi PHE Tahap 1

1. Pembersihan Unit AHU dan FCU

Disamping AHU di Gedung D Bank Indonesia juga ada 13 unit FCU yang tersebar di lantai bawah tanah 2 (*basement floor 2*) sampai lantai 3 s/d 11 dan unit FCU dengan menggunakan daya motor 1350 watt.

Tabel 5 Spesifikasi dan lokasi unit FCU

| No | Nama Alat | Jumlah | Lokasi | Daya Fan (Watt) |
|----|-----------------|--------|-------------------|-----------------|
| 1 | Fan Coil Unit / | 13 | Basement 2 sampai | 1.350 |

- Analisis Implementasi Sistem AHU

Misal data AHU pada lantai 3 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Data hasil pengukuran pada kondisi AHU kotor

| AHU | Tingkat kecepatan kipas | Kec. Putar kipas (rpm) | Kec. Udara (fpm) | Debit udara (cfm) | Arus (A) | Teg. (V) | Daya (watt) | Waktu Pengkond (menit) |
|-------|-------------------------|------------------------|------------------|-------------------|----------|----------|-------------|------------------------|
| 3 - 1 | 1 | 1568 | 635 | 16.756,02 | 68,6 | 230 | 15.525 | 46 |
| | 2 | 1850 | 692 | 19.853,60 | 73,8 | 230 | 16,974 | 42 |
| | 3 | 2175 | 755 | 22.644,45 | 79,4 | 230 | 18,262 | 38 |
| 3 - 2 | 1 | 1689 | 644 | 21.080,52 | 90,1 | 230 | 20,720 | 47 |
| | 2 | 1980 | 702 | 25.486,34 | 97,0 | 230 | 22,310 | 43 |
| | 3 | 2253 | 773 | 28.119,84 | 104,4 | 230 | 24,012 | 37 |

Sedangkan untuk kondisi AHU setelah dibersihkan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Data hasil pengukuran pada kondisi AHU bersih

| AHU | Tingkat kecepatan kipas | Kec. Putar kipas (rpm) | Kec. Udara (fpm) | Debit udara (cfm) | Arus (A) | Teg. (V) | Daya (watt) | Waktu Pengkond (menit) |
|-------|-------------------------|------------------------|------------------|-------------------|----------|----------|-------------|------------------------|
| 3 - 1 | 1 | 1568 | 637 | 20.553,72 | 69,1 | 230 | 15,893 | 42 |
| | 2 | 1850 | 695 | 22.404,23 | 74,5 | 230 | 17,135 | 39 |
| | 3 | 2175 | 758 | 24.420,83 | 80,2 | 230 | 18,446 | 36 |
| 3 - 2 | 1 | 1689 | 651 | 25.575,51 | 90,6 | 230 | 20,838 | 43 |
| | 2 | 1980 | 710 | 29.109,14 | 97,9 | 230 | 22,517 | 39 |
| | 3 | 2253 | 785 | 31.728,05 | 105,2 | 230 | 24,196 | 34 |

b. Analisis Implementasi Sistem FCU

Misal: pada di lantai *basement* 1 dan 2 menggunakan FCU (*Fan Coil Unit*).

a) kondisi FCU kotor

Tabel 8. Data hasil pengukuran pada kondisi FCU kotor

| Tingkat kecepatan kipas | Kec. Putar kipas (rpm) | Kec. Udara (fpm) | Debit udara (cfm) | Arus (A) | Teg. (V) | Daya (watt) | Waktu Pengkond (menit) |
|-------------------------|------------------------|------------------|-------------------|----------|----------|-------------|------------------------|
| 1 | 1420 | 520 | 438,7 | 5,91 | 230 | 1.359,3 | 47 |
| 2 | 1665 | 610 | 510,84 | 6,79 | 230 | 1.561,7 | 43 |
| 3 | 2314 | 710 | 582,81 | 7,45 | 230 | 1.713,5 | 40 |

b) Kondisi FCU bersih

Tabel 9. Data hasil pengukuran pada kondisi FCU bersih

| Tingkat kecepatan kipas | Kec. Putar kipas (rpm) | Kec. Udara (fpm) | Debit udara (cfm) | Arus (A) | Teg. (V) | Daya (watt) | Waktu Pengkond. (menit) |
|-------------------------|------------------------|------------------|-------------------|----------|----------|-------------|-------------------------|
|-------------------------|------------------------|------------------|-------------------|----------|----------|-------------|-------------------------|

| | | | | | | | |
|---|------|-----|--------|------|-----|---------|----|
| 1 | 1415 | 580 | 490,35 | 6,01 | 230 | 1.382,3 | 42 |
| 2 | 1669 | 650 | 568,29 | 6,83 | 230 | 1.570,9 | 36 |
| 3 | 2317 | 710 | 608,85 | 7,55 | 230 | 1.736,5 | 34 |

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa pada kondisi AHU dan FCU kotor putaran kipas yang sama debit dari udara yang dihasilkan berkurang jumlahnya. Disamping itu, daya yang dibutuhkan blower dan fan menjadi naik.

Perhitungan hemat daya dapat dihitung sebagai berikut.

- 1) AHU yang memiliki spesifikasi pabrik dengan beban 15 kW (3 – 1) mengalami pemborosan sebesar.

$$\Delta P = P_{\text{kec.putar 2 AHU kotor}} - P_{\text{kec. putar 1 AHU bersih}}$$

$$= (16,974 - 15,893) \text{ Watt}$$

$$= 1,081 \text{ Watt atau kenaikannya sebesar 6,8}$$

%.

- 2) AHU yang memiliki spesifikasi pabrik dengan beban 18,5 kW (3 – 2) mengalami pemborosan sebesar.

$$\Delta P = P_{\text{kec.putar 2 AHU kotor}} - P_{\text{kec. putar 1 AHU bersih}}$$

$$= (22,310 - 20,838) \text{ Watt}$$

$$= 1,472 \text{ Watt atau kenaikannya sebesar 7,1}$$

%.

- 3) FCU yang berkondisi kotor melakukan pemborosan sebesar

$$\Delta P = P_{\text{kec.putar 2 FCU kotor}} - P_{\text{kec. putar 1 FCU bersih}}$$

$$= (1,561,7 - 1,382,3) \text{ Watt}$$

$$= 179,4 \text{ Watt atau kenaikannya sebesar 12,98}$$

%.

Apabila AHU dan FCU dioperasikan 12 jam sehari berturut-turut dan selama setahun, maka besar kenaikan energi listrik sebesar:

- 1) AHU yang memiliki spesifikasi pabrik dengan beban 15 kW (3 – 1) mengalami pemborosan selama setahun.

$$W = P.t$$

$$= 1,081 \times 12 \text{ (jam)} \times 25 \text{ (hari)} \times 12 \text{ (bulan)}$$

$$= 3,891,6 \text{ kWh/tahun}$$

- 2) AHU yang memiliki spesifikasi pabrik dengan beban 18,5 kW (3 – 2) mengalami pemborosan selama setahun.

$$W = P.t$$

$$= 1,472 \times 12 \text{ (jam)} \times 25 \text{ (hari)} \times 12 \text{ (bulan)}$$

$$= 5,299,2 \text{ kWh/tahun}$$

- 3) FCU yang berkondisi kotor melakukan pemborosan selama setahun.

$$W = P.t$$

$$= 179,4 \times 12 \text{ (jam)} \times 25 \text{ (hari)} \times 12 \text{ (bulan)}$$

$$= 645,84 \text{ kWh/tahun}$$

Penghematan dalam analisis diatas adalah pemakaian untuk 1 unit FCU, sedangkan di Gedung D Bank Indonesia terdapat 20 AHU dan 13 FCU.

Total penghematan yang bisa diperoleh dari AHU dan FCU sebagai berikut.

1) Total penghematan AHU untuk 2 AHU Kap. 1,1 kW

$$W = \text{Jumlah AHU} \times \text{Daya Penghematan} \\ = 2 \times 451,44 \text{ kWh/tahun} = 902,88$$

kWh/tahun.

2) Total penghematan AHU untuk 5 AHU Kap. 15 kW

$$W = \text{Jumlah AHU} \times \text{Daya Penghematan} \\ = 5 \times 3.891,6 \text{ kWh/tahun} \\ = 19.458 \text{ kWh/tahun.}$$

3) Total penghematan AHU untuk 13 AHU Kap. 18,5 kW

$$W = \text{Jumlah AHU} \times \text{Daya Penghematan} \\ = 13 \times 5.299,2 \text{ kWh/tahun} \\ = 68.889,6 \text{ kWh/tahun.}$$

4) Total penghematan FCU untuk 13 FCU Kap. 1350 watt.

$$W = \text{Jumlah FCU} \times \text{Daya Penghematan} \\ = 13 \times 645,84 \text{ kWh/tahun} \\ = 8.395,92 \text{ kWh/tahun.}$$

Dari analisis peluang hemat energi di atas dapat direkomendasikan bahwa untuk menurunkan konsumsi energi listrik, PHE yang pertama adalah dengan pembersihan *unit-unit* AHU dan FCU meliputi pembersihan saringan udara (*filter*) pada saluran udara (*ducting*), sudu kipas, *fin evaporator* dan kisi keluaran (*grill*) unit AHU dan FCU. Apabila peluang hemat energi tersebut diimplemetasikan atau dilaksanakan pada Gedung D Bank Indonesia, maka akan diperoleh penghematan sebesar.

$$W = W_{\text{AHU kap. 1,1 kW}} + W_{\text{AHU kap. 15 kW}} + W_{\text{AHU kap. 18,5 kW}} + W_{\text{FCU}}$$

$$= (902,88 + 19.458 + 68.889,6 + 8.395,92) \text{ kWh/tahun} \\ = 97.646,4 \text{ kWh/tahun.}$$

Rekomendasi untuk PHE ini adalah dengan melakukan pembersihan setiap 3-4 bulan sekali untuk ruangan jenis kantor. Hendaknya pada saat pembersihan, diperlukan staf yang khusus menangani *cleaning* AHU dan FCU supaya sesuai dengan SOP yang telah ditentukan.

Pengurangan Jam Kerja Operasional Sistem Pendingin

Peluang hemat energi berikutnya yaitu dengan mengurangi jam operasional sistem pendingin. Sistem pendingin di Gedung D Bank Indonesia beroperasi kurang lebih 12 jam setiap hari selama 6 hari selama seminggu. Sementara jam operasional kantor hanya 8 jam sesuai dengan peraturan depnaker sehingga ada peluang penghematan energi pengurangan jam kerja sistem pendingin. Berikut

analisis peluang hemat energi dengan cara mengurangi jam kerja sistem pendingin.

Berikut analisis waktu untuk penghematan energi sistem pendingin.

a) Jam mulai operasi sistem pendingin dari jam 5:00 WIB menjadi 6:00 WIB = 60 menit.

b) Lembur hanya 3 hari seminggu sehingga sistem pendingin 3 hari mati jam 16:15 WIB = 3 x (21:00 WIB – 16:15 WIB) = 3 x (4 Jam 45 menit) = 11 jam 15 menit per minggu. Selama sebulan = 45 jam dan setahun = 540 jam.

Analisis energi sistem pendingin akan dihitung per menit. Sehingga akan bisa dilihat penghematan setiap menitnya. Tujuan penghitungan ini untuk membuat pilihan jumlah waktu penghematan yang bisa dikonversi ke dalam energi. Perhitungan tersebut berdasarkan data pada tabel 10 berikut.

Tabel 10. Beban Listrik Per Jam pada September 2015 (kWh)

| Panel | AC | Penerangan | Lain-lain | Total |
|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| TM1 | 220,23 | 118,63 | 181,00 | 519,87 |
| TM2 | 17,10 | - | 101,57 | 118,67 |
| TM3 | 622,88 | - | 8,86 | 631,73 |
| Total | 860,21 | 118,63 | 291,42 | 1.270,27 |

Dari tabel 10 dapat dilihat bahwa penggunaa sistem pendingin memerlukan daya sebesar 860,21 kW per jamnya atau 14,34 kW per menitnya. Peluang Penghematan Energi (PHE) yang bisa dilakukan adalah sebagai berikut.

Daya penghematan dengan cara memundurkan waktu mulai operasi sistem pendingin selama 15 menit adalah.

$$P = 860,21 \text{ (kWh)} \times \frac{15}{60} = 215,05 \text{ kWh}$$

Jika setiap hari selama jam operasional bisa menghemat 15 menit dalam waktu setahun maka penghematan yang bisa diperoleh adalah,

$$P = 215,05 \text{ (kWh)} \times 25 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan} \\ = 2.580,63 \text{ kWh/tahun}$$

Variasi waktu penghematan lainnya dapat dihitung dengan cara yang sama dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 11 berikut.

Tabel 11. PHE melalui pemunduran waktu mulai operasi sistem pendingin

| Jangka Waktu Penghematan | Total Penghematan selama Sebulan (kWh) | Total Penghematan selama Setahun (kWh) |
|--------------------------|--|--|
| 15 Menit | 5376,31 | 64.515,75 |
| 30 Menit | 10.752,63 | 129.031,50 |
| 45 Menit | 16.128,94 | 193.547,25 |
| 60 Menit | 21.505,25 | 258.063,00 |

Berdasarkan tabel 11 jika satu hari saja dalam satu minggu sistem pendingin hanya beroperasi sampai pukul 16.15 yang biasanya sampai pukul 21.00, maka daya penghematannya adalah.

$$P = 860,21 \text{ (kWh)} \times 4 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan} \\ = 41.290,08 \text{ kWh/tahun}$$

Variasi pengurangan hari lembur atau memajukan waktu berhenti sistem pendingin dapat dilihat pada tabel 12 berikut.

Tabel 12 PHE dengan cara memajukan waktu berhenti operasi sistem pendingin

| Jumlah Hari Tanpa Lembur dalam Seminggu | Total Penghematan selama Sebulan (kWh) | Total Penghematan selama Setahun (kWh) |
|---|--|--|
| 1 hari | 3.440,84 | 41.290,08 |
| 2 hari | 6.881,68 | 82.580,16 |
| 3 hari | 10.322,52 | 123.870,24 |

Secara keseluruhan PHE yang bisa diperoleh dari pengaturan jam kerja operasional sistem pendingin yaitu dengan memundurkan waktu mulai operasional selama 60 menit dan memajukan waktu berhenti sebanyak 4 jam 45 menit serta mengurangi jam lembur menjadi 3 hari saja adalah sebagai berikut.

$$P = 258.063,00 \text{ (kWh/tahun)} + 123.870,24 \text{ (kWh/tahun)} \\ = 381,933.24 \text{ kWh/tahun}$$

PHE dengan menggabungkan dua metode pengaturan jam kerja dengan berbagai variasi dapat dilihat pada tabel 13 dan grafik

Tabel 13.. PHE dengan Variasi Pengaturan Jam Kerja Operasional (kWh/tahun)

| Jangka Waktu Penghematan | Jumlah Hari Tanpa Lembur dalam Seminggu | | |
|--------------------------|---|----------------|----------------|
| | 1 Hari | 2 Hari | 3 Hari |
| 30 Menit | 170.32 1,58 | 211.61 1,66 | 252.90 1,74 |
| 45 Menit | 234.83 7,33 | 276.12 7,41 | 317.41 7,49 |
| 60 Menit | 299.35 3,08 | 340.64 3,16 | 381.93 3,24 |

Setelah diimplementasikan pada gedung maka dapat dicari besar nilai IKE hasil implementasi PHE yaitu sebagai berikut:

$$\text{IKE} \\ = \frac{7.285.066,00 - 97.646,4 - 381.933,24 \text{ (kWh)}}{23.961,35 \times 0,6702 \text{ m}^2 + (38.280 - 23.961,35) \text{ m}^2} \\ \text{IKE} = 224,02 \text{ kWh/m}^2.\text{tahun}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh besarnya IKE listrik hasil implementasi pada audit rinci per satuan luas yang dikonsikan (*net area*) adalah 236,60 kWh/m².tahun.

Tabel 14. Perbandingan IKE Setelah Proses Audit Energi

| Kegiatan Audit Energi | Daya Penghematan (kWh) | Besar IKE |
|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| IKE Standar Perkantoran | - | 240 kWh/m ² .tahun |
| IKE Hasil Audit Energi Awal | - | 250,03 kWh/m ² .tahun |
| IKE Hasil Audit Energi Rinci | - | 239,81 kWh/m ² .tahun |
| IKE Setelah Implementasi PHE Tahap 1 | 479.579,64 | 224,02 kWh/m ² .tahun |
| IKE Setelah Implementasi PHE Tahap 2 | 150.066,00 | 219,06 kWh/m ² .tahun |

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan pada Gedung D Bank Indonesia yang berkaitan dengan audit energi dan konsumsi energi listrik maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Berdasarkan audit energi awal, konsumsi energi yang paling besar adalah energi listrik yang mencapai 97% dari total konsumsi energi oleh gedung.
2. Sistem tata udara atau sistem pengkondisian udara merupakan alokasi pemakaian energi terbesar.
3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) standar perkantoran 240 kWh/m².tahun
4. Hasil perhitungan IKE listrik Gedung D Bank Indonesia pada Audit Awal sebesar 250,03 kWh/m².tahun.
5. Berdasarkan audit energi rinci, diperoleh nilai IKE untuk energi listrik sebesar 239,81 kWh/m².tahun.
6. Analisis Peluang Hemat Energi (PHE) pada penelitian audit energi ini adalah sebagai berikut:
 - a. PHE melalui pembersihan pada unit AHU dan FCU yaitu sebesar 97.646,4 kWh/tahun.
 - b. PHE melalui pengaturan Jam Kerja Operasional Sistem Pendingin yaitu sebesar 381.933,24 kWh/tahun.
 - c. Pengaturan (*setup*) temperatur air keluar (*Leaving Chilled Water Temperature = LCWT*) pada *chiller* yaitu sebesar 150.660 kWh/tahun.
 - d. IKE listrik hasil implementasi PHE tahap 1 per satuan luas yang dikondisikan (*net area*) adalah 224,02 kWh/m².tahun.
 - e. IKE listrik hasil implementasi PHE tahap 2 per satuan luas yang dikondisikan (*net area*) adalah 219,06 kWh/m² tahun.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurarachim, Halim, Pasek, Darmawan Ari, dan Sulaiman, TA. 2002. Audit Energi, Modul 2, Energi Conservation

Efficiency And Cost Saving Course, Bandung: Fiqry Jaya Mandiri.

Arismunandar, Wiranto. 1991. Peyegaran Udara. Jakarta: Pradnya Paramita.

Badan Koordinasi Energi Nasional. 1983. Buku Pedoman Tentang Cara-Cara Melaksanakan Konservasi Energi dan Pengawasannya. Jakarta:

Charles, M. Gottaschalk. 1996. Industrial Energy Conservation. Ltd.England: John Wiley & Sons Inc.

Direktorat Pengembangan Energi. Petunjuk teknis konservasi energi; Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi. Direktorat Jendral Pengembangan Energi.

Gunawan, Billy dkk. 2012. Buku Pedoman Energi Efisien, untuk Desain Bangunan Gedung di Indonesia. Jakarta: Energy Efficiency and Conservation Clearing House Indonesia.

Iskandar, Norman, TA. 2004. Audit Energi di Gedung Grand Candi Semarang. Semarang:

Kanginan, Marthen. 1999. Fisika untuk Universitas. Jakarta: Erlangga

Mediastika, Christina E. 2013. Hemat Enerdi dan Lestari Lingkungan Melalui Bangunan. Yogyakarta: Andi Offset.

Zuhal. 1995. Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.