

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009

M8-003 Implementasi Audit Energi Pada Gedung Kantor di Jakarta Selatan

Budihardjo

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus Baru Universitas Indonesia Depok 16424
Email : budihardjo@eng.ui.ac.id

Abstrak

Audit penggunaan energi dan evaluasi sistem mekanikal dan elektrikal pada bangunan gedung merupakan kegiatan awal yang perlu dilaksanakan secara komprehensif sehingga konsumsi energi secara menyeluruh dapat diketahui secara pasti dan terukur.

Pemerintah telah menetapkan program penghematan penggunaan energi yang wajib dilaksanakan melalui Instruksi Presiden No. 10 tahun 2005 Tentang Penghematan Energi dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 0031 tahun 2005 Tentang Tata Cara Penghematan Energi. Selain dari itu, dengan dikeluarkannya Peraturan dan Instruksi yang lebih spesifik seperti; Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional dan Instruksi Presiden No. 2 tahun 2008 Tentang Penghematan Energi dan Air serta Surat Edaran Menteri Negara BUMN No. SE-11/MBU/2008, seluruh bangunan komersial, kantor pemerintah, rumah tangga, transportasi dan industri pada dasarnya harus mengikuti peraturan dan ketetapan tersebut

Maksud dan tujuan pekerjaan audit energi awal, evaluasi sistem dan instalasi mekanikal, elektrikal adalah untuk mengetahui gambaran umum pola penggunaan energi, identifikasi potensi penghematan dan memberikan rekomendasi dan pedoman pelaksanaan penghematan energi secara menyeluruh agar program penghematan energi pada bangunan/gedung dapat terwujud.

Hasil pengukuran lapangan dan analisis data yang dilakukan terhadap instalasi Mekanikal, Elektrikal pada salah satu gedung perkantoran di Jakarta Selatan 12 (dua belas) lapis lantai dengan luas total mendekati 14.000 m^2 menunjukkan bahwa sistem tata udara berikut kelengkapannya mengkonsumsi energi terbesar yaitu sebesar 541 kW (59 %) dari seluruh kebutuhan energi listrik gedung. Kemudian diikuti dengan pemakaian energi untuk peralatan listrik 185 kW (20%), kebutuhan pencahayaan sebesar 107 kW (12%), dan lift sebesar 86 kW (9%).

Kata kunci : Audit energi, sistem mekanikal, sistem elektrikal, gedung, penghematan energi

1.Pendahuluan

Penggunaan energi listrik pada gedung atau bangunan menjadi faktor dominan bagi kelangsungan operasional penghuni dalam menjalankan tugas dan kewajibannya. Hal ini dapat dilihat bahwa peralatan seperti lampu-lampu, peralatan elektronik, pompa-pompa, sampai pada sistem pengkondisian udara adalah beberapa alat yang dominan dalam operasional gedung.

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009

Mesin refrigerasi untuk pengkondisian udara didalam gedung yang diperlukan untuk menciptakan kenyamanan thermal bagi penghuni dalam melakukan aktifitas sehari-hari, mengkonsumsi energi listrik antara 50 % - 60% dari kebutuhan daya listrik total gedung.

Kebutuhan pengkondisian udara semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan beban pendinginan dan adanya harapan penghuni gedung terhadap peningkatan kualitas kenyamanan thermal, baik temperatur maupun kelembaban relatif udara didalam ruangan. Sehingga konsumsi energi listrik pun dengan sendirinya akan semakin meningkat dari tahun ke tahun.

Untuk menanggulangi pemborosan pemakaian energi yang akan mengakibatkan pembengkakan pada pembayaran listrik maka harus dilakukan efisiensi terhadap sistem penyediaan dan pemakaian energi secara terprogram dan berkesinambungan. Salah satu metode yang sekarang dipakai untuk mengefisienkan pemakaian energi listrik adalah konservasi energi. Konservasi energi adalah peningkatan efisiensi energi yang digunakan atau proses penghematan energi. Audit energi merupakan salah satu bagian dari konservasi energi ygng dimaksudkan untuk menghitung tingkat konsumsi energi suatu gedung atau bangunan, dimana hasilnya nanti akan dibandingkan dengan standar yang ada untuk kemudian dicari solusi penghematan konsumsi energi jika tingkat konsumsi energinya melebihi standar baku yang ada.

Usaha-usaha untuk menghemat energi di segala bidang makin dirasakan perlu karena semakin terbatasnya sumber-sumber energi yang tersedia dan semakin mahalnya biaya pemakaian energi. Usaha-usaha penghematan energi pada suatu bangunan komersial seperti gedung perkantoran atau suatu pabrik hanya dapat dilakukan jika telah diketahui untuk apa energi tersebut digunakan dan berapa besarnya pemakaian energi di tiap-tiap bangunan gedung atau pabrik tersebut. Untuk mengetahui hal tersebut maka diperlukan pengetahuan tentang audit energi atau kesetimbangan energi. Berdasarkan kegiatan yang dilakukan pada akhirnya audit energi didefinisikan sebagai: kegiatan untuk mengidentifikasi jenis energi dan mengidentifikasi besarnya energi yang digunakan pada bagian-bagian operasi suatu industri/pabrik atau bangunan serta mencoba mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi.

Sasaran dari audit energi adalah memperoleh pola penggunaan energi, yaitu mendapatkan data tentang fluktuasi penggunaan energi. Data fluktuasi penggunaan energi dapat didapatkan dengan cara mengukur penggunaan energi listrik tiap waktu sehingga didapatkan grafik yang menghasilkan gambaran tentang kapan waktu penggunaan listrik terbesar dan kapan waktu penggunaan listrik terkecil di perusahaan tersebut. Selain itu kita akan memperoleh neraca energi dari penggunaan listrik (input = output). Neraca ini akan menggambarkan seberapa besar penggunaan energi dan mengidentifikasi pemborosan dari sistem tersebut.

Dalam audit energi Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan hal yang paling penting. IKE adalah patokan untuk mengklasifikasikan jenis penggunaan konsumsi energi di gedung tersebut, apakah boros atau sesuai dengan standar. Untuk nilai-nilai IKE pada bangunan gedung dapat diperoleh dari Standar Nasional Indonesia (SNI).

Output lainnya dalam audit energi adalah mengidentifikasi sumber-sumber pemborosan energi, hal ini bisa didapatkan dengan melakukan pengukuran terhadap penggunaan energi. Setelah itu maka didapat langkah-langkah penghematan, penghematan yang direncanakan harus rasional dan optimal, maksudnya adalah kembali pada konsep konservasi energi yaitu, melakukan penghematan tanpa mengurangi kebutuhan.

2. Tahapan audit energi

Proses audit energi terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu, energi audit awal dan rinci. Hasil audit energi awal akan digunakan sebagai dasar pelaksanaan energi audit rinci dan kemudian dilanjutkan dengan implementasi penghematan energi yang disertai dengan monitoring.

Audit awal dilakukan untuk memperoleh gambaran umum pola penggunaan energi, melakukan identifikasi secara umum potensi penghematan serta menyusun rekomendasi awal yang sifatnya segera dapat dilakukan. Output audit awal menentukan lokasi dan kebutuhan untuk melakukan audit rinci.

Audit awal menggunakan data-data primer, sekunder dan questioner sebagai dasar untuk melakukan evaluasi penggunaan energi secara menyeluruh dan cepat.

Metodologi yang digunakan dalam melakukan audit awal dimulai dengan melakukan serangkaian kegiatan persiapan yaitu pembentukan tim, menyusun jadwal, dan koordinasi. Kemudian dilanjutkan dengan melaksanakan survei awal lapangan yang mencakup pengumpulan data instalasi baik berupa dokumen-dokumen, gambar-gambar as-built drawing ataupun spesifikasi teknis peralatan mekanikal dan elektrikal berikut pedoman pengoperasian dan pemeliharaannya, serta melakukan observasi secara visual kondisi peralatan dan melakukan interview dengan pengelola dan teknisi gedung. Berdasarkan data-data yang diperoleh dari survei awal, kemudian dilakukan pengambilan data-data melalui serangkaian pengukuran terhadap beberapa parameter thermis dan elektris seperti temperatur, tekanan, laju alir massa, tegangan dan arus listrik serta pengukuran beberapa besaran lainnya di beberapa ruang didalam gedung seperti basement, ruang genset, ruang trafo, ruang chiller dan pompa, ruang AHU tiap lantai dan seluruh ruang kerja disetiap lantai. Selain pengambilan data-data pada ruang kerja, juga dilakukan pencatatan jumlah orang di setiap ruang dan lantai serta pendataan peralatan elektronik dan peralatan listrik yang terpasang.

Perhitungan dan analisis tarhadap data-data yang diperoleh selama pengukuran akan dibandingkan dengan kondisi rancangan instalasi dan standar yang berlaku, sehingga akan diperoleh gambaran awal penggunaan energi dan rekomendasi peluang penghematan energi yang dapat dilaksanakan.

Pada makalah ini lebih ditekankan hanya pada masalah instalasi mekanikal dan elektrikal, data instalasi lainnya digunakan sebagai data sekunder.

3. Kondisi instalasi eksisting

Pengukuran lapangan terhadap instalasi Mekanikal dan Elektrikal pada salah satu gedung perkantoran di Jakarta Selatan 12 (dua belas) lapis lantai dengan luas total mendekati 14.000 m² berpenghuni 400 orang pekerja, menggunakan sistem tata udara terpusat dengan water cooled centrifugal chiller dengan sumber daya listrik diperoleh dari PLN dan dilengkapi dengan emergency generator.

Sistem mekanikal

2 buah Centrifugal Water Cooled Chiller masing-masing berkapasitas 315 TR dan 350 TR, dilengkapi dengan 3 unit pompa chilled water dengan daya masing-masing 75 HP, 3 unit pompa condenser water dengan daya masing-masing 60 HP, 2 unit cooling tower masing-masing berkapasitas 400 TR dan 24 unit AHU (Air Handling Unit) melayani lantai 1 sampai dengan 12 dan 3 unit melayani lantai Lower Ground, Ground dan Mezzanine.

Kebutuhan air sejuk diperoleh dengan pengoperasian 1 unit Chiller, 2 unit pompa chilled water, 2 unit pompa condenser water, dan unit cooling tower.

Kebutuhan kenyamanan termal gedung diperoleh dari udara segar yang didistribusikan oleh AHU melalui sistem saluran udara diatas plafond menuju tiap ruangan.

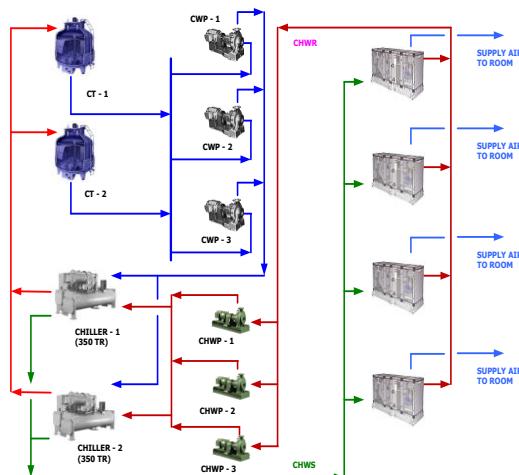
Sistem elektrikal

Sumber daya listrik diperoleh dari PLN pada tegangan menengah 20 kV, dua unit Transformator dengan kapasitas masing-masing 1.250 kVA, satu unit Emergency Generator Set kapasitas 1.100 kVA, sebagai cadangan.

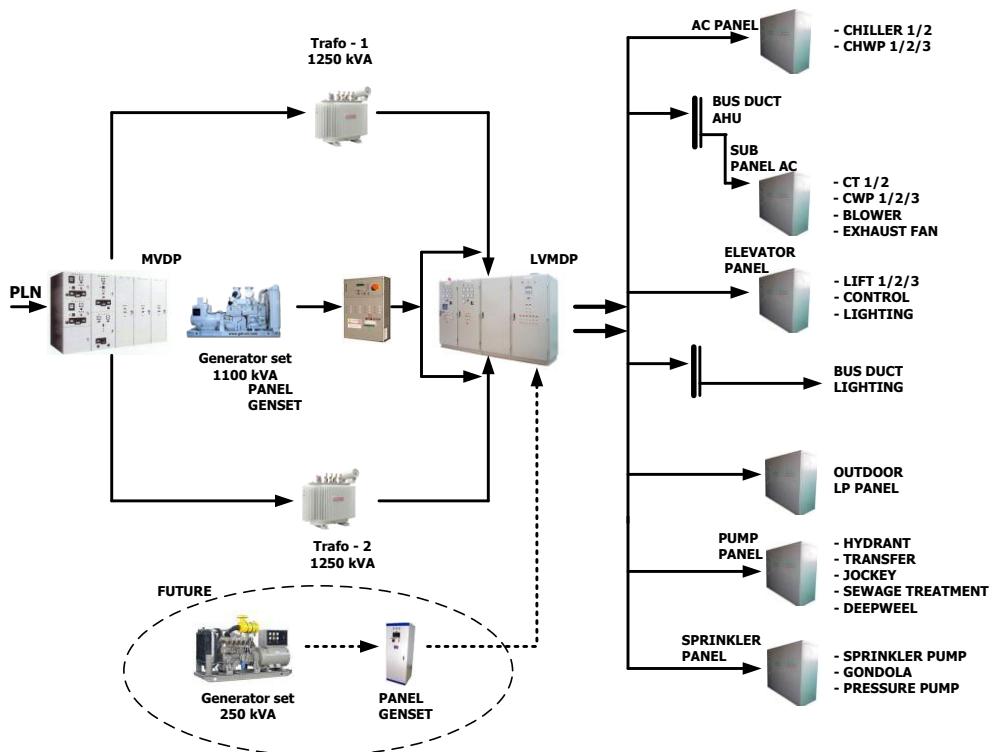
Sumber daya listrik dari PLN (Cubicle TM 20 kV) disalurkan ke Trafo-1 (1.250 kVA, 20 kV, 220V/380V/50Hz/3 ph) dan Trafo-2 (1.250 kVA, 20 kV, 220 V/380 V/3 ph) menuju Panel Tegangan Rendah (Low Voltage Main Distribution Panel - LVMDP). Trafo-1 bekerja untuk kondisi beban normal sedangkan Trafo-2 untuk kondisi emergency.

Dari LVMDP kemudian didistribusikan ke panel-panel Chiller, CWHP, Pompa Hidran dan Pompa Air Bersih, panel-panel AHU, Penerangan tiap lantai, Lift, Sprinkler, Cooling Tower dan Condenser Water Pump.

Sistem kelistrikan dilengkapi dengan Capacitor Bank untuk kedua trafo dengan CF 0.95



Gambar 1. Diagram Skematik Sistem Tata Udara



Gambar 2. Diagram Satu Garis Sistem Distribusi Listrik

4. Perhitungan dan analisis data pengukuran

1. Sistem Mekanikal

Centrifugal Water Cooled Chiller

Analisis unjuk kerja Centrifugal Water Cooled Chiller Carrier 19 XL dilakukan dengan bantuan perangkat lunak “*Cool Pack*” dan kemudian dibandingkan dengan Standar American Refrigeration Institute ARI 550/590-1998 “ Water-Chilling Packages Using the Vapor Compression Cycle” dan American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, Inc. ASHRAE 90.1 - 2007 “ Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings ”.

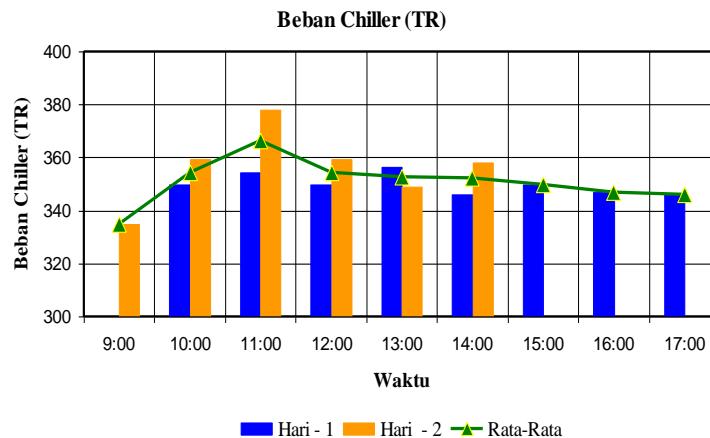
Dengan asumsi kapasitas beban pendinginan Chiller sebesar konstan 350 TR, unjuk kerja Chiller Carrier masih berada dibawah nilai-nilai yang ditetapkan oleh kedua standar tersebut. Nilai Coefficient Performance (COP), yaitu koefisien yang menunjukkan unjuk kerja chiller besarnya 5,5 masih dibawah standar yang ditetapkan yaitu minimum 6,1. Sedangkan nilai kW/TR, yaitu nilai yang menunjukkan besarnya konsumsi energi listrik yang diperlukan untuk menghasilkan beban pendinginan yang diinginkan adalah 0.64 masih lebih besar dari standar yang berkisar antara 0.56 – 0.58. Penyimpangan tersebut disebabkan oleh kondisi mesin Chiller yang telah berusia lebih dari 10 (sepuluh) tahun dan pemeliharaan peralatan penunjang yang belum optimal, sehingga menyebabkan tidak tercapainya nilai-nilai dari parameter-parameter tekanan dan temperatur baik refrigerant maupun air untuk kondisi operasi mesin yang ditentukan.

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009

Tabel 1. Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Chiller

	1	2	Mean		Std
Model	: 19 XL				
Refrigerant	: HFC 134a				
Daya Kompressor (running)	235	239	236.704	kWe	-
Load	97.6	99.2	98.3958	%	100
Current	375.1	382.0	378.55	Amp	374
Daya Kompressor (FL)	240	241	240.561	kWe	259
Load	350	350	350	TR	350
	1231	1230.95	1230.95	kWt	1230.95
Suhu refrigerant di Cooler	5.4	5.9	5.65	°C	5.56
Suhu refrigerant di Condenser	35.7	34.9	35.3	°C	36.1
Suhu refrigerant keluar Kompressor	45.5	45.1	45.3	°C	-
Suhu air masuk Cooler	14.2	14.4	14.3	°C	12.2
Suhu air keluar Cooler	10.5	11.5	11	°C	6.67
Suhu air masuk Condenser	29	28.8	28.9	°C	29.4
Suhu air keluar Condenser	33.9	32.8	33.35	°C	35.0
Dari s/w CoolPack					
Qe (Kapasitas Cooler)	1231	1231	1231	kWt	-
Qc (Kapasitas Condenser)	1399	1395	1397	kWt	-
COP	5.351	5.631	5.491	-	6.10
Daya Kompressor	230.1	218.6	224.35	kWe	-
kW/TR	0.66	0.62	0.64	-	0.56-0.58
Qc = Qe + Qk	1461	1450	1455		



Gambar 3. Profil Beban Chiller

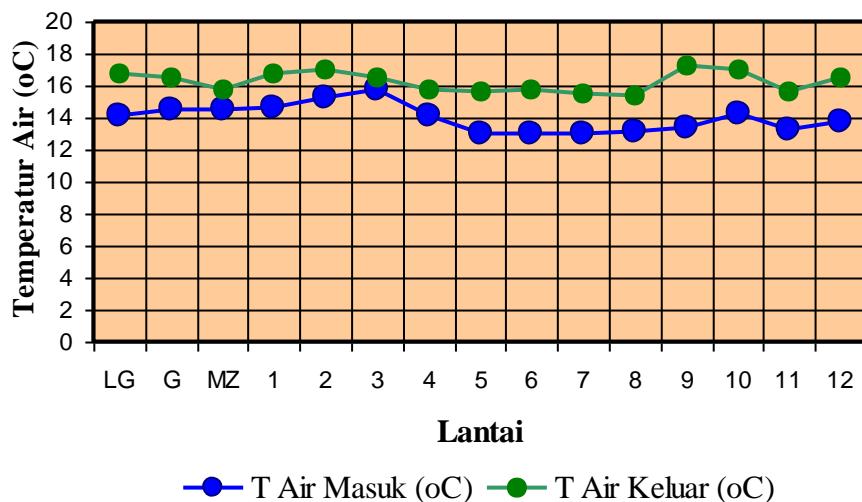
Air Handling Unit

Hasil survey lapangan menunjukkan bahwa kondisi Air Handling Unit (AHU) mengalami penurunan effisiensi dan penurunan kapasitas sebagai akibat dari kerusakan beberapa komponen peralatan seperti fin & coil, kontrol dan indikator serta kebersihan filter udara. Kondisi isolasi pipa air sejuk yang mulai terkelupas, pencampuran antara aliran udara segar dari luar gedung dengan udara kembali dari ruangan yang kurang sempurna akan mempengaruhi kemampuan beban pendinginan AHU.

Distribusi Air Sejuk

Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa temperatur air sejuk masuk ke AHU berkisar antara 13 °C sampai dengan 15,8 °C, sedangkan temperatur air sejuk keluar berkisar antara 15,4 °C sampai dengan 17,2 °C dengan beda temperatur air sejuk masuk dan keluar AHU yang berkisar antara 0,7 °C ÷ 2,7 °C. Pada kondisi normal, temperatur air sejuk masuk AHU berkisar antara 6 °C ÷ 7 °C dan keluar pada 10 °C ÷ 12 °C. Adanya perbedaan temperatur yang sangat besar menunjukkan bahwa AHU tidak mampu menyerap seluruh kalor dari dalam ruangan.

Temperatur Air Sejuk Masuk & Keluar AHU

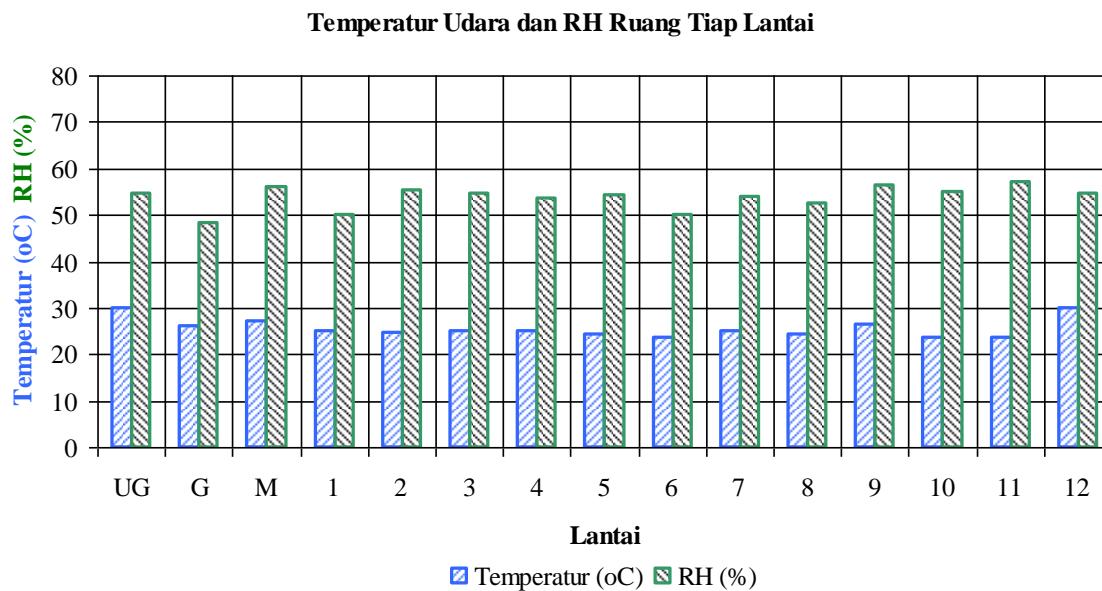


Gambar 4. Profil Temperatur Air Sejuk Masuk dan Keluar AHU

Distribusi Udara Dalam Ruang

Ditinjau dari segi temperatur udara dan kelembaban, hasil pengukuran setiap lantai menunjukkan kondisi temperatur yang disyaratkan oleh American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, Inc. ASHRAE 55-2004 “*Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*” terpenuhi. Namun dari sisi kecepatan dan kualitas/kebersihan udara serta konsumsi energi masih belum optimal.

Terdapat beberapa pentutupan lubang diffuser (sebagai terminal udara sejuk masuk kedalam ruang) sehingga mengurangi tingkat kenyamanan thermal dan mengakibatkan distribusi udara pada lantai tertentu tidak seimbang.



Gambar 5. Profil Temperatur dan Kelembaban Udara relatif Tiap Lantai

Pompa

Pompa Chilled Water

Pompa Chilled Water terpasang 3 unit, dimana 2 pompa beroperasi dan 1 stand-by. Dari hasil perhitungan pompa distribusi air sejuk, diperoleh daya pompa yang dibutuhkan untuk mendistribusikan air sejuk dari cooler ke setiap AHU, sebesar 97 HP. Sedangkan pada name plate setiap pompa tertera daya pompa sebesar 75 HP. Sehingga dapat dikatakan bahwa efisiensi penggunaan pompa adalah sekitar 65 %.

Pompa Air Pendingin Kondenser

Pompa Air Pendingin Kondenser terpasang 3 unit, dimana 2 pompa beroperasi dan 1 stand-by.

Dari hasil perhitungan pompa air pendingin kondenser, diperoleh daya pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan air pendingin dari kondenser ke cooling tower sebesar 103 HP. Sedangkan pada name plate setiap pompa tertera daya pompa sebesar 60 HP. Sehingga dapat dikatakan bahwa efisiensi penggunaan pompa sebesar 86 %.

Menara Pendingin (Cooling Tower)

Cooling Tower berfungsi sebagai alat penukar kalor dan massa dari air pendingin kondenser ke medium udara sekelilingnya. Jenis Cooling Tower yang digunakan adalah counter flow mechanical induced draft, berjumlah 2 (dua) unit dan keduanya beroperasi pada saat yang bersamaan melayani salah satu Chiller yang beroperasi.

Dari hasil pengukuran, terlihat bahwa Range (= temperatur air masuk – keluar tower) hanya berkisar $2,3^{\circ}\text{C} \div 3,0^{\circ}\text{C}$. Sedangkan range yang optimal adalah 5°C , sehingga Cooling Tower belum menunjukkan unjuk kerja yang maksimal. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi unjuk kerja kedua Cooling Tower masing-masing 68 % dan 63 %.

2. Sistem elektrikal

Trafo

Beban listrik terpasang rata-rata : Trafo 1 = 515 kVA, Trafo 2 = 386 kVA, Total = 901 kVA.

Beban puncak : 968 kVA

Hasil pengukuran beban pada Trafo 1 dan Trafo 2 menunjukkan bahwa kapasitas daya kedua Trafo masih sangat mencukupi melayani kebutuhan gedung.

Pencahayaan

Hasil pengukuran tingkat pencahayaan didalam gedung menunjukkan nilai yang masih sedikit lebih tinggi dari ketentuan yang berlaku. Daya pencahayaan rata sebesar 20 W/m^2 , sedangkan menurut SNI 03-6197 - 2000 Konservasi Energi Sistem Pencahayaan Pada Bangunan Gedung, daya listrik maksimum untuk pencahayaan Ruang Kantor maksimal 15 W/m^2 .

Hasil pengukuran tingkat pencahayaan rata-rata sebesar 304. Menurut SNI 03-6197 – 2000, tingkat pencahayaan minimal untuk Gedung Perkantoran adalah :

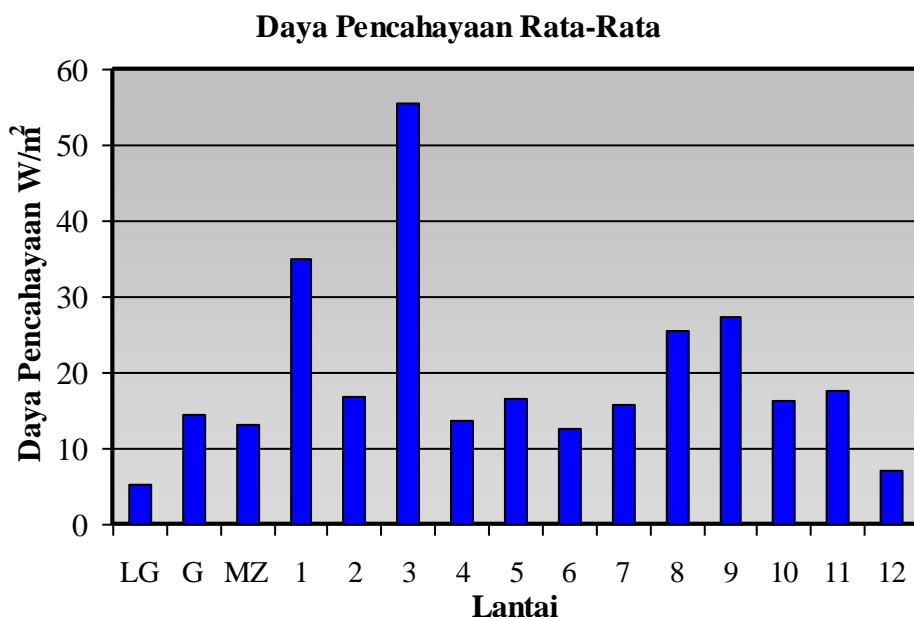
Tabel 2. Tingkat Pencahayaan Menurut SNI 03-6197 – 2000

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Ruang Direktur	350
Ruang Kerja	350
Ruang Komputer	350
Ruang Rapat	300
Ruang Gambar	750

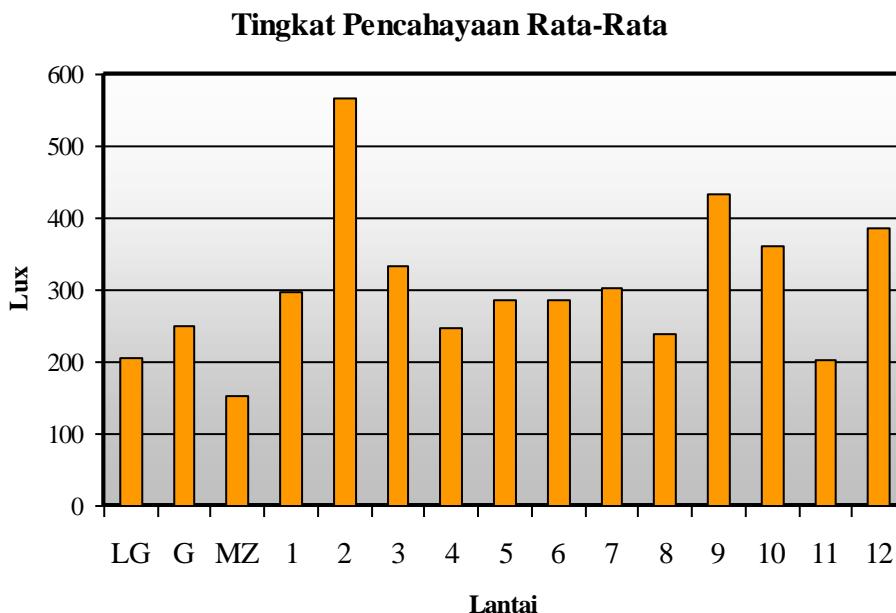
Gudang Arsip	150
Ruang Arsip Aktif	350

Daya pencahayaan pada lantai LG, G, MZ, 4, 6 dan 12 memenuhi persyaratan, sedangkan lantai lainnya perlu dilakukan pemeriksaan ulang terhadap pemakaian selama waktu kerja kantor.

Tingkat pencahayaan rata-rata tiap lantai yang > 300 Lux terdapat pada lantai 2, 3, 7, 9, 10 dan 12. Untuk lantai lainnya perlu dilakukan kaji ulang jenis lampu serta lamanya waktu pemakaian pada jam kerja kantor.



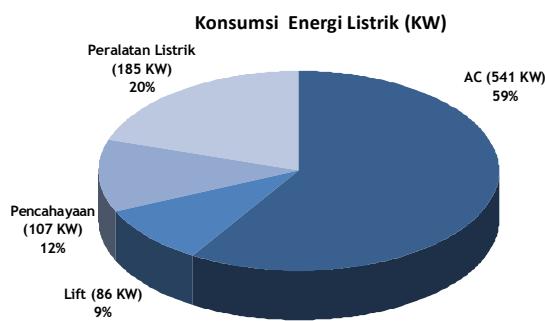
Gambar 6. Profil Daya Pencahayaan Tiap Lantai



Gambar 7. Profil Tingkat Pencahayaan Tiap Lantai

5. Konsumsi energi

Dari hasil pengukuran dan perhitungan terhadap data-data lapangan menunjukkan kebutuhan energi total sebesar 919 kW, dimana sistem Tata Udara (AC) mengkonsumsi energi listrik terbesar yaitu sekitar 541 kW (59 %). Kemudian diikuti dengan Peralatan Listrik 185 kW (20 %), Pencahayaan 107 kW (12 %) dan Lift 56 kW (9 %). Konsumsi energi listrik total dapat digambarkan seperti pada Gambar. 8 dibawah ini.



Gambar 8. Konsumsi Energi Listrik (kW)

6. Peluang penghematan energi

Hasil perhitungan Intensitas Konsumsi Energi relatif masih dibawah persyaratan (dibuat oleh DJLPE-DESDM pada tahun 1992), namun perlu di identifikasi kembali peralatan yang masih memungkinkan pengurangan pemakaian energinya.

Analisis peluang penghematan energi hanya ditinjau pada sistem yang membutuhkan konsumsi energi terbesar yaitu Sistem Tata Udara. Beberapa langkah dan metoda peluang penghematan energi pada komponen Sistem Tata Udara dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Centrifugal Water Cooled Chiller

Dari Tabel 1. Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Chiller telah diketahui bahwa

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompressor adalah 224 kW pada COP = 5,49. Bila mengikuti kondisi standar sesuai dengan Standar American Refrigeration Institute ARI 550/590-1998 " Water-Chilling Packages Using the Vapor Compression Cycle", dimana ditetapkan Nilai COP =6.1, maka akan diperoleh besarnya daya kompressor sebesar 201.8 kW. Sehingga akan timbul penghematan energi sebesar :

$224 \text{ kW} - 201,8 \text{ kW} = 22,2 \text{ kW}$, atau sekitar $22,2 \times 10 \times 5 \times 4 \times 10 \text{ Kwh/tahun} = \text{Penghematan yang akan diperoleh atau sekitar } 44.400 \text{ kWh/tahun}$.

2. Air Handling Unit (AHU)

Sisi Air :

Dari Gambar 4. Profil Temperatur Air Sejuk Masuk dan Keluar AHU, diperoleh nilai temperatur air masuk coil AHU rata-rata = 13,98 °C dan temperatur air keluar coil AHU = 16,24 °C dengan $\Delta T = 2,26 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Bila laju alir massa air sejuk = 92 kg/s dianggap konstan (diperoleh dari pompa air sejuk), maka jumlah kalor yang dapat diserap AHU sebesar = $92 \times 4,19 \times 2,26 = 871 \text{ kW}_{\text{Termal}}$. Sedangkan beban yang harus diserap dari ruangan sebesar 1.231 kW. Sehingga coil AHU hanya bekerja dengan effisiensi = $(871 \text{ kW}/1.231 \text{ kW}) * 100\% = 70\%$

Sisi Udara :

Daya motor penggerak fan AHU total= 212 kW. Dengan asumsi pemakaian listrik pada gedung adalah 10 jam per hari dan 5 hari kerja dalam seminggu, dengan pemakaian energi rata-rata selama 10 bulan dalam setahun, akan diperoleh jumlah pemakaian energi listrik rata-rata dalam satu bulan menjadi = $212 \times 10 \times 5 \times 4 \times 10 = 424.000 \text{ kWh/tahun}$. Bila jam operasi pemakaian AHU dikurangi 1 jam, maka konsumsi energinya menjadi = $212 \times 9 \times 5 \times 4 \times 10 = 381.600 \text{ kWh/tahun}$. Sehingga akan diperoleh penghematan konsumsi energi sebesar = $424.000 - 381.600 = 42.400 \text{ kWh/tahun}$, atau sekitar 10 %.

3. Pompa Distribusi Air Sejuk

Dari pembahasan pada Centrifugal Water Cooled Chiller, daya motor penggerak pompa distribusi air sejuk dapat di reduksi dari 97 HP menjadi 56 HP. Sehingga diperoleh penghematan konsumsi energi sebesar 41 HP atau sekitar 42 %.

4. Pompa Air Pendingin Kondenser

Dari pembahasan pada Centrifugal Water Cooled Chiller, daya motor penggerak pompa air pendingin kondenser dapat di reduksi dari 103 HP menjadi 82 HP. Sehingga diperoleh penghematan konsumsi energi sebesar 21 HP atau sekitar 20 %.

7. Kesimpulan dan rekomendasi

Kesimpulan

Dari hasil survey lapangan dan analisis data yang dilakukan, dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Kemampuan salah satu Water Cooled Centrifugal Chiller untuk menyerap beban pendinginan sebesar 350 TR telah mulai berkurang. Dapat dilihat dari nilai kW/TR yang besarnya 0.64 (rekomendasi Standar American Refrigeration Institute ARI 550/590-1998 "Water-Chilling Packages Using the Vapor Compression Cycle", $= 0.56 - 0.58$). Chiller hanya mampu menghasilkan air sejuk antara $10^{\circ}\text{C} \div 11^{\circ}\text{C}$, masih belum memenuhi standar yang umum berlaku yaitu antara $5^{\circ}\text{C} \div 6^{\circ}\text{C}$.
2. Pompa chilled water dan pompa air pendingin kondenser masih berfungsi dengan baik, karena tidak beroperasi pada beban/kapasitas penuh.
3. Usia Air Handling Unit telah melampaui 15 tahun, sehingga unjuk kerja optimal tidak dapat dicapai, dapat terlihat dari kondisi temperatur air masuk coil AHU antara $13^{\circ}\text{C} \div 15.8^{\circ}\text{C}$, sedangkan temperatur air sejuk keluar berkisar antara 15.4°C sampai dengan 17.2°C .
4. Effisiensi Cooling tower hanya hanya berkisar $63\% \div 68\%$, range temperatur yang dihasilkan hanya $2.3^{\circ}\text{C} \div 3.0^{\circ}\text{C}$. Sedangkan range yang optimal adalah 5°C , sehingga Cooling Tower belum menunjukkan unjuk kerja yang maksimal.
Pada kondisi normal, temperatur air sejuk masuk AHU berkisar antara $6^{\circ}\text{C} \div 7^{\circ}\text{C}$ dan keluar pada $10^{\circ}\text{C} \div 12^{\circ}\text{C}$.
5. Hasil pengukuran beban pada Trafo-1 dan Trafo-2 menunjukkan bahwa kapasitas daya kedua Trafo masih sangat mencukupi melayani kebutuhan gedung.
6. Daya pencahayaan rata sebesar 20 W/m^2 , sedangkan menurut SNI 03-6197 - 2000 Konservasi Energi Sistem Pencahayaan Pada Bangunan Gedung Tabel 2. Daya listrik maksimum untuk pencahayaan Ruang Kantor maksimal 15 W/m^2 .
Tingkat pencahayaan rata-rata sebesar 304 Lux (untuk perkantoran disarankan 350 Lux).

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009

7. Konsumsi energi untuk peralatan listrik terlihat cukup tinggi dan sedikit berlebihan. Prosedur dan pengaturan waktu pemakaian peralatan listrik sebaiknya disesuaikan dengan tingkat kepentingannya, karena akan sangat membantu penurunan konsumsi energi listrik.

Rekomendasi

1. Salah satu Water Cooled Centrifugal Chiller yang bekerja dengan refrigeran R-12 (termasuk bahan perusak ozon) harus diganti dengan Chiller yang menggunakan refrigeran ramah lingkungan.
2. Sebagai upaya untuk peningkatan keandalan sistem kelistrikan secara umum, perlu penambahan 1 (satu) unit Emergency Generator Set kapasitas 1.100 kVA berikut kelengkapannya.
3. Pergantian kabel yang mendistribusikan arus listrik dari panel LVMDP menuju panel daya untuk peralatan mekanikal (Chiller, Pompa, Cooling Tower dsbnya.)
4. Beberapa kerusakan pada isolasi saluran distribusi udara dan perpipaan chilled water perlu diperbaiki.
5. Balancing udara dan air sejuk perlu dilakukan untuk meningkatkan unjuk kerja Sistem Tata Udara dan Ventilasi Mekanik.
6. Pergantian lampu fluorescen eksisting dengan jenis lampu TL yang menggunakan ballast electronic hemat energi dapat menurunkan konsumsi energi listrik rata-rata 3 W ÷ 5 W tiap lampu.
7. Perlu disusun suatu manual/prosedur penghematan energi sebagai pedoman bagi penghuni gedung dalam membantu upaya pihak manajemen dalam program penghematan energi.
8. Monitoring pemakaian energi listrik baik secara mingguan atau bulanan perlu dilaksanakan.
9. Program perawatan peralatan mekanikal dan eletrikal secara berkala perlu ditingkatkan dan harus mengacu pada upaya-upaya penghematan energi.
10. Prosedur dan Tata Cara penghematan energi perlu disosialisaike kepada seluruh pekerja dan penghuni dalam Gedung.

Referensi

1. Carrier Corporation, 1994, *Hermetic Centrifugal Liquid Chiller 19XL*, Product Data.
2. CoolingTower,http://www.energyefficiencyasia.org/energyequipment/ee_es_coolingtowers.html
3. Kavanaugh, Stephen P., 2006, *HVAC Simplified*, ASHRAE, Inc.
4. American Refrigeration Institute ARI 550/590-1998 *Water-Chilling Packages Using the Vapor Compression Cycle*.

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009

5. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, Inc. ASHRAE 90.1 - 2007 *Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings.*
6. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, Inc. ASHRAE 55-2004 *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.*
7. Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark, ©1997-2001, *COOLPACK.*
8. SNI 03-6197-2000, 2000, *Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan.*
9. SNI 03-6572-2001, 2001, *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara*
10. Cetra, Palupi R., 2009, Audit Energi Pada Gedung Perkantoran di Jakarta Selatan, Skripsi Departemen Teknik Mesin FTUI.