
ANALISA AUDIT KONSUMSI ENERGI SISTEM *HVAC* (*HEATING, VENTILASI, AIR CONDITIONING*) DI TERMINAL 1A, 1B, DAN 1C BANDARA SOEKARNO-HATTA

Budi Yanto Husodo¹, Nurul Atiqoh Br. Siagian²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email: husodo2008@gmail.com

Abstrak - Audit energi pada sistem *HVAC* (*Heating, Ventilasi, Air Conditioning*) merupakan aktivitas yang dilakukan secara berkala untuk mengetahui kualitas udara, performa peralatan serta konsumsi energi dan mengevaluasi tingkat kelayakannya serta menentukan langkah perbaikannya. Audit Energi ini dilaksanakan di terminal 1A, 1B, dan, 1C bandara Soekarno-Hatta untuk memastikan bahwa tingkat kelembaban udara pada terminal 1A, 1B, dan 1C Bandara Soekarno-Hatta sesuai dengan standar kelayakan dan kenyamanan yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 03-6390-2000 tentang konservasi energi sistem tata udara pada bangunan dan gedung. Audit Energi Sistem *HVAC* (*Heating, Ventilasi, Air Conditioning*) di Terminal 1A, 1B, dan 1C Bandara Soekarno-Hatta menunjukkan bahwa tingkat kelembaban udara atau kualitas udara pada Terminal 1A, 1B,

dan 1C Bandara Soekarno-Hatta berada pada kondisi tidak nyaman dan performa peralatan Sistem *HVAC* (*Heating, Ventilasi, Air Conditioning*) sudah mulai menurun, sehingga perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap Sistem *HVAC* (*Heating, Ventilasi, Air Conditioning*) untuk mendapatkan kualitas udara yang nyaman sesuai dengan SNI 03-6390-2000 tentang konservasi energi sistem tata udara pada bangunan dan gedung.

Kata kunci: audit energi, *HVAC*

PENDAHULUAN

Bandara Soekarno-Hatta merupakan salah satu bandara terbesar di Indonesia dengan daya tampung total sekitar 22 juta penumpang / tahun. Untuk menunjang pelayanan yang optimal, sistem *HVAC* (*Heating, Ventilasi, Air Conditioning*) sangat diperlukan untuk menjaga kelembaban udara

dalam ruangan sehingga memberikan kenyamanan bagi para pengguna Bandara Soekarno-Hatta.

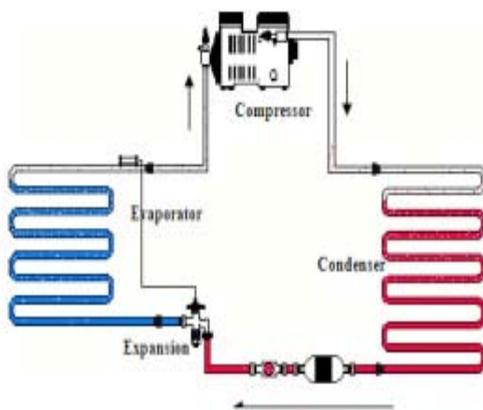
Bandara Soekarno-Hatta terutama pada Terminal 1A, 1B, dan 1C yang dirancang untuk 9 juta penumpang / tahun, namun pada saat ini harus melayani \pm 25 juta penumpang / tahun. Oleh karena itu, perlu dilakukan audit energi sistem *HVAC* agar kelembaban udara tercapai yang sesuai dengan tingkat kelayakan dan kenyamanan bandara tercapai. Tujuan dari penelitian ini adalah memastikan bahwa tingkat kelembaban udara di Terminal 1A, 1B, dan 1C Bandara Soekarno-Hatta sesuai dengan standar kelayakan dan kenyamanan yang berlaku. Audit energi sistem *HVAC* (*Heating, Ventilasi, Air Conditioning*) di Terminal 1B, dan 1C Bandara Soekarno-Hatta dilakukan untuk menentukan apakah tingkat kelembaban udara di terminal 1A, 1B, dan 1C Bandara Soekarno-Hatta sesuai dengan standar yang berlaku dan apakah perlu dilakukan pengembangan sistem *HVAC* (*Heating, Ventilasi, dan Air Conditioning*) di Bandara Soekarno-Hatta.

Audit Energi pada tugas akhir ini menggunakan standar SNI 03-6390-2000 dan 3690-2011 tentang konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung serta 03-9167-2000 tentang Konservasi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung.

LANDASAN TEORI

Sistem *HVAC* (*Heating, Ventilasi, Air Conditioning*) adalah suatu fasilitas tata udara yang digunakan untuk mengontrol suhu lingkungan dari suatu wilayah tertutup, apakah itu bangunan, gudang, atau kendaraan komersial.

Sistem *HVAC* pada Terminal 1 Bandara Soekarno-Hatta umumnya menggunakan sistem terpusat yang terhubung secara menyeluruh antara ruang keberangkatan dan kedatangan, yaitu menggunakan AC Central dan AC Split Duct. Untuk mengetahui sistem kerja AC *Central*, terlebih dahulu kita harus mengetahui dasar dari Sistem *Air Conditioning*



Gambar 2.1. Skema Air Conditioning

Cara Kerjanya:

Kompresor menarik refrigerant (gas) yang bertekanan dan bertemperatur rendah yang keluar dari evaporator kemudian menaikkan tekanan dan temperaturnya dengan cara memperkecil volume/menaikkan kecepatan gas. Refrigerant (gas) yang bertekanan tinggi tersebut kemudian diteruskan ke kondensor.

Di **Kondensor**, refrigerant (gas) yang bertekanan tinggi dirubah menjadi cairan yang bertekanan tinggi dengan cara dikondensasikan melalui pendinginan dengan menggunakan media air atau udara. Refrigerant (Cair) tersebut kemudian dialirkan ke katup ekspansi (Expansion Valve). Pada **katup ekspansi** ini, refrigerant (cair) tekanannya diturunkan sehingga refrigerant (cair) berubah kondisi

dari fase cair ke fase uap yang kemudian dialirkan ke evaporator.

Di **Evaporator**, Refrigerant (uap) menyerap panas dalam ruangan melalui kumparan pendingin dan kipas evaporator meniupkan udara dingin ke dalam ruangan. Refrigerant dalam evaporator mulai berubah kembali menjadi uap bertekanan rendah, tapi masih mengandung sedikit cairan yang kemudian di tarik kembali oleh kompresor.

AC Central adalah sistem pendinginan ruangan yang dikontrol dari satu titik atau tempat dan di distribusikan secara terpusat ke seluruh isi gedung dengan kapasitas yang sesuai dengan ukuran ruangan dan isinya dengan menggunakan saluran udara / ducting ac.

AC Central terdiri dari beberapa komponen yaitu:

1. *Chiller* adalah mesin pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan fluida dalam hal ini air melalui sebuah proses kompresi uap ataupun siklus pendinginan yang kemudian fluida tersebut bisa disirkulasi untuk didistribusikan ke peralatan air handling unit. Dalam hal ini, *Chiller* yang

digunakan adalah jenis *Air Cooled System*. *Chiller* ini menggunakan refrigerant sebagai fluida dan udara sebagai media pendingin kondensornya.



Gambar 2. 2. Air Cooled Chiller

2. *AHU (Air Handling Unit) / FCU (Fan Coil Unit)* berfungsi sebagai media pertukaran kalor antara air dingin dengan udara.
3. Pompa berfungsi untuk menaikkan tekanan dan mensirkulasi fluida ke tempat lain dalam suatu sistem pemipaan.
4. *Ducting* Adalah media penghubung antara *AHU* dengan ruangan yang akan dikondisikan udaranya, fungsi utama dari *ducting* adalah meneruskan udara yang didinginkan oleh *AHU* untuk kemudian didistribusikan ke masing-masing ruangan.

Audit energi adalah suatu teknik yang dipakai untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada bangunan gedung dan mengenali cara-cara untuk penghematannya. Konservasi energi sistem HVAC diatur dalam SNI 03-6390-2000. SNI ini digunakan agar sasaran penggunaan energi yang efisien dapat tercapai. Peralatan pada sistem HVAC (*Heating, Ventilasi, Air Conditioning*) menggunakan *chiller* direkomendasikan untuk memenuhi efisiensi minimum dan kriteria seperti ditunjukkan pada tabel 2.3.1.

Tabel 1. Efisiensi minimum dari chiller yang dioperasikan dengan

Jenis Peralatan		Kapasitas	Effisiensi Minimum (Dinyatakan Dengan COP)	Cara Pengawasan
PENDINGINAN UDARA	Termasuk kondenser	< 150 TR	2,7	ARI 550
		≥ 150 TR	2,5	ARI 550
	Tanpa Kondenser	Semua kapasitas	3,10	ARI 550
PENDINGINAN AIR	Jenis kompresor torak & screw	< 150 TR	3,80	ARI 550
		≥ 150 TR < 300 TR	4,20	ARI 550
	Jenis kompresor centrifugal	≥ 300 TR	5,20	ARI 550

DATA SISTEM HVAC DI TERMINAL 1A, 1B, DAN 1C BANDARA SOEKARNO-HATTA

Chiller pada Terminal 1 Bandara Soekarno-Hatta berjumlah 19 (sembilan belas) unit dengan kapasitas masing-masing yaitu 13 (tiga belas) unit kapasitas 95 TR, 1 (satu) unit kapasitas 100 TR, dan 5 (lima) unit kapasitas 500 TR dan untuk pendistribusian udara dingin terdiri dari 23 (dua puluh tiga) unit *AHU* yang terbagi merata pada semua sub terminal A, B, dan C. Untuk *AC Split Duct* berjumlah 25 (dua puluh lima) unit dengan kapasitas masing-masing yaitu 4 (empat) unit kapasitas 20 TR dan 21 (dua puluh satu) unit kapasitas 40 TR yang terbagi merata pada semua sub terminal.

Tabel 2. Daftar peralatan Sistem HVAC Terminal 1A, 1B, dan 1C Bandara Soekarno-Hatta

NO.	NAMA PERALATAN	KAPASITAS	JUMLAH	LOKASI
1	CHILLER CIAT	95 TR	7 UNIT	TERMINAL 1A
2	CHILLER CIAT	95 TR	2 UNIT	TERMINAL 1B
3	CHILLER MDV	500 TR	5 UNIT	TERMINAL 1B
4	CHILLER YORK	100 TR	1 UNIT	TERMINAL 1C
5	CHILLER CIAT	95 TR	4 UNIT	TERMINAL 1C
6	AC SPLIT DUCT	20 TR	4 UNIT	CENTRAL CORIDOR TERMINAL A
7	AC SPLIT DUCT	40 TR	7 UNIT	BOARDING LOUNGE TERMINAL A
8	AC SPLIT DUCT	40 TR	7 UNIT	BOARDING LOUNGE TERMINAL B
9	AC SPLIT DUCT	40 TR	7 UNIT	BOARDING LOUNGE TERMINAL C

Tabel 3. Data Pencapaian Suhu di Terminal 1A, 1B dan 1C Bandara Soekarno-Hatta

No.	Nama Beban	Suhu Ruang (°C)	RH Ruang (%)
1	Check In Area A	26.0	72.5
2	Arrival Area A	25.0	71.5
3	Check In Area B	25.8	67.0
4	Arrival Area B	26.0	64.0
5	Check In Area C	24.3	65.6
6	Arrival Area C	26.1	51.7

Suatu peralatan tersebut dikatakan baik atau memenuhi standard jika nilai *Coefficient of Performance (COP)* dan *Energy Efficiency Ratio (EER)* atau *kW/TR* memenuhi standard yang telah ditentukan.

Nilai *Coefficient of Performance (COP)*:

$$COP = \frac{\text{Cooling Effect}}{\text{Power Input}} = \frac{\text{Konsumsi Daya}}{\dots} \approx 3.1$$

Nilai *Energy Efficiency Ratio (EER)* atau *KW/TR*:

$$EER = \frac{12}{\text{COP} \times 3.14} \dots \approx 3.2$$

Sebagai contoh perhitungan, diketahui konsumsi daya suatu *Chiller* sebesar 184,58 kW dan *Cooling Effect* sebesar 631,58 kW, maka:

$$COP = \frac{631.58}{184.58} \approx 3.42, \text{ dan}$$

$$EER = \frac{12}{\text{COP} \times 3.41} \approx \frac{12}{\approx 3.42 \times 3.41} \approx 1.03$$

Dengan kedua rumus tersebut maka dapat dihitung nilai *COP* dan *EER* setiap peralatan sistem *HVAC* di

Soekarno-Hatta, dapat dilihat pada tabel-tabel berikut:

Tabel 4. Performa Peralatan Utama Sistem HVAC pada Terminal 1A Bandara Soekarno-Hatta

No.	Nama Peralatan	C.O.P	EER
		Eksisting	Eksisting
1	Chiller CIAT Deprture	3,42	1,03
2	Chiller CIAT Departure	3,30	1,07
3	Chiller CIAT Departure	3,33	1,05
4	Chiller CIAT Departure	3,43	1,03
5	Chiller CIAT Arrival	3,34	1,05
6	Chiller CIAT Arrival	3,48	1,01

Tabel 5. Tabel Performa Peralatan Utama Sistem HVAC pada Terminal 1B Bandara Soekarno-Hatta

No.	Nama Peralatan	C.O.P	EER
		Eksisting	Eksisting
1	Chiller MDV Deprture	3.47	1.01
2	Chiller MDV Departure	3.52	1.00
3	Chiller CIAT Departure	3.16	1.11
4	Chiller CIAT Arrival	3.37	1.04
5	Chiller MDV Arrival	3.31	1.06
6	Chiller MDV Arrival	3.26	1.08
7	Chiller MDV Arrival	3.30	1.07

Tabel 6. Tabel Performa Peralatan Utama Sistem HVAC pada Terminal 1C Bandara Soekarno-Hatta

No.	Nama Peralatan	C.O.P	EER
		Eksisting	Eksisting
1	Chiller YORK Deprture	3,35	1,05
2	Chiller CIAT Departure	3,30	1,07
3	Chiller CIAT Departure	3,46	1,02
4	Chiller CIAT Arrival	3,10	1,13
5	Chiller CIAT Arrival	3,39	1,04

AUDIT ENERGI SISTEM HVAC (HEATING , VENTILASI, AIR CONDITIONING)

Standar nasional Indonesia telah menentukan standar suhu dan kelembaban udara (*RH*) yang diatur pada SNI 03-6390-2000 tentang konservasi energi sistem tata udara pada bangunan dan gedung yaitu: $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk suhu ruangan dan $60\pm 10\%$ untuk kelembaban udara (*RH*).

Berdasarkan tabel 3. Data Pencapaian Suhu Udara Pada Terminal 1A, 1B, dan 1C di Bandara Soekarno-Hatta dapat dianalisa tingkat kenyamanannya sebagai berikut:

Tabel 7. Analisa Pencapaian Suhu Udara di Terminal 1A, 1B, dan 1C Bandara Soekarno-Hatta

No.	Nama Beban	Suhu Ruangan ($^{\circ}\text{C}$)	RH Ruangan (%)	Standar		Kesimpulan
				Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	RH (%)	
1	Check In Area A	26.0	72.5	25 ± 1	60 ± 10	Tidak Nyaman
2	Arrival Area A	25.0	71.5	25 ± 1	60 ± 10	Tidak Nyaman
3	Check In Area B	25.8	67.0	25 ± 1	60 ± 10	Nyaman
4	Arrival Area B	26.0	64.0	25 ± 1	60 ± 10	Nyaman
5	Check In Area C	24.3	65.6	25 ± 1	60 ± 10	Nyaman
6	Arrival Area C	26.1	51.7	25 ± 1	60 ± 10	Tidak Nyaman

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa tingkat kenyamanan ruangan pada terminal 1A, 1B, dan 1C Bandara Soekarno-Hatta pada beberapa lokasi tidak tercapai tingkatannya sesuai dengan SNI 03-6390-2000. Suatu ruangan dikatakan nyaman atau tidak dilihat dari suhu ruangan dan kelembaban udaranya. Jika salah satu faktor tersebut tidak dapat terpenuhi maka tidak dapat dikatakan bahwa ruangan tersebut

nyaman karena suhu ruangan dan kelembaban udara itu sebanding.

Suatu peralatan dikatakan baik jika performa peralatan tersebut memiliki nilai *COP* dan *EER* yang sesuai dengan Standar nasional Indonesia. Nilai *COP* dan *EE* yang diatur pada SNI nomor 6390:2011 tentang Konservasi Energi Sistem Tata Udara pada Bangunan Gedung adalah:

- *COP* : 2,90 untuk *Air Cooled Chiller* dengan kapasitas < 150 TR;
- *COP* : 3,00 untuk *Air Cooled Chiller* dengan kapasitas > 150 TR;
- kW/TR : 1,213 untuk *Air Cooled Chiller* dengan kapasitas < 150 TR;
- kW/TR : 1,172 untuk *Air Cooled Chiller* dengan kapasitas >150 TR.

Dari tandar nilai untuk *COP* dan *EER*, diambil range untuk standar nilai *COP* adalah 2,90 – 3,00 dan *EER* adalah 1,172 – 1,213.

Tabel 8. Tabel Resume Performa Peralatan Utama Sistem HVAC Terminal 1A Bandara Soekarno-Hatta

No.	Nama Peralatan	C.O.P		EER		KONDISI
		Eksisting	SNI 6390:2011	Eksisting	SNI 6390:2011	
1	Chiller CIAT Departure	3,42	2,90 - 3,00	1,03	1,172-1,213	Di bawah standar
2	Chiller CIAT Departure	3,30	2,90 - 3,00	1,07	1,172-1,213	Di bawah standar
3	Chiller CIAT Departure	3,33	2,90 - 3,00	1,05	1,172-1,213	Di bawah standar
4	Chiller CIAT Departure	3,43	2,90 - 3,00	1,03	1,172-1,213	Di bawah standar
5	Chiller CIAT Arrival	3,34	2,90 - 3,00	1,05	1,172-1,213	Di bawah standar
6	Chiller CIAT Arrival	3,48	2,90 - 3,00	1,01	1,172-1,213	Di bawah standar
7	Chiller CIAT Arrival	3,27	2,90 - 3,00	1,08	1,172-1,213	Di bawah standar

Tabel 9. Tabel Resume Performa Peralatan Utama Sistem HVAC Terminal 1B Bandara Soekarno-Hatta

No.	Nama Peralatan	C.O.P		EER		KONDISI
		Eksisting	SNI 6390:2011	Eksisting	SNI 6390:2011	
1	Chiller MDV Deprture	3,47	2,90-3,00	1,01	1,172-1,213	Di bawah standar
2	Chiller MDV Departure	3,52	2,90-3,00	1,00	1,172-1,213	Di bawah standar
3	Chiller CIAT Departure	3,16	2,90-3,00	1,11	1,172-1,213	Di bawah standar
4	Chiller CIAT Arrival	3,37	2,90-3,00	1,04	1,172-1,213	Di bawah standar
5	Chiller MDV Arrival	3,31	2,90-3,00	1,06	1,172-1,213	Di bawah standar
6	Chiller MDV Arrival	3,26	2,90-3,00	1,08	1,172-1,213	Di bawah standar
7	Chiller MDV Arrival	3,30	2,90-3,00	1,07	1,172-1,213	Di bawah standar

Tabel 10. Tabel Resume Performa Peralatan Utama Sistem HVAC Terminal 1C Bandara Soekarno-Hatta

No.	Nama Peralatan	C.O.P		EER		KONDISI
		Eksisting	SNI 6390:2011	Eksisting	SNI 6390:2011	
1	Chiller YORK Deprture	3,35	2,90-3,00	1,05	1,172-1,213	Di bawah standar
2	Chiller CIAT Departure	3,30	2,90-3,00	1,07	1,172-1,213	Di bawah standar
3	Chiller CIAT Departure	3,46	2,90-3,00	1,02	1,172-1,213	Di bawah standar
6	Chiller CIAT Arrival	3,10	2,90-3,00	1,13	1,172-1,213	Di bawah standar
7	Chiller CIAT Arrival	3,39	2,90-3,00	1,04	1,172-1,213	Di bawah standar

Pada tabel 8, tabel 9, tabel 10, hampir seluruh peralatan berada di bawah standar karena nilai *EER* dan *COP* tidak terpenuhi. Kedua nilai tersebut harus dipenuhi karena *EER* adalah indikator kinerja energi sedangkan *COP* standar efisiensi refrigerasi bagi sistem refrigeransi sehingga standar tersebut harus dipenuhi untuk menyatakan bahwa

suatu alat tersebut sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

KESIMPULAN

1. Kualitas Udara di Terminal 1A, B, dan C Bandara Soekarno-Hatta rata-rata berada di range tidak nyaman. Hal ini disebabkan karena standar suhu udara yaitu 25 ± 1 dan *RH* ruangan yaitu 60 ± 1 tidak tercapai bersamaan, kadang suhu udara tercapai namun *RH* ruangan tidak tercapai atau sebaliknya.
2. Performa peralatan utama sistem HVAC pada terminal 1A, B, dan C Bandara Soekarno-Hatta berada di bawah standar nilai COP dan EER yang telah ditentukan SNI 6390:2011 yaitu nilai COP di atas kisaran 2,90-3,00 dan nilai kW/TR di atas kisaran 1,172-1,213;

SARAN

1. Melakukan perawatan secara berkala sesuai dengan Standard Operasi Peralatan tersebut agar performance peralatan sesuai dengan SNI dapat tercapai;
2. Melakukan peninjauan ulang kembali terhadap peralatan

sistem HVAC (Heating, Ventilasi, Air Conditioning) apakah peralatan tersebut masih layak untuk beroperasi atau harus diganti dengan yang baru, mengingat umur peralatan tersebut sudah cukup tua;

3. Melakukan perhitungan ulang tentang kebutuhan Sistem HVAC dimana pada awalnya bangunan setiap terminal hanya dirancang untuk kapasitas ± 9 juta penumpang, namun saat ini harus melayani ± 25 juta penumpang;
4. Mengontrol perilaku pengguna jasa maupun petugas yang berada bandara Soekarno-Hatta seperti:
 - a. Merokok, dengan cara menghimbau pengguna jasa tersebut untuk tidak merokok di ruangan ber-AC atau membuat smoking area.
 - b. Menghimbau setiap petugas yang masuk melalui pintu yang berhubungan langsung dengan apron, untuk selalu menutupnya setelah menggunakannya karena

jika dibiarkan terbuka akan membuat hawa panas dari apron masuk sehingga untuk mendapatkan ruangan yang nyaman dan pencapaian suhu ruangan standar menjadi sulit.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 SNI 03-6390-2000. Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung
- 2 SNI 03-9167-2000. Konservasi Energi Sistem Pencahayaan Pada Bangunan Gedung
- 3 www.energyefficiencyasia.org, Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia
- 4 [http://www.energyefficiencyasia.org/docs/ee_modules/indo/Chapter-AC and Refrigeration Bahasa Indonesia.pdf](http://www.energyefficiencyasia.org/docs/ee_modules/indo/Chapter-AC_and_Refrigeration_Bahasa_Indonesia.pdf) terakhir diakses pada tanggal 24 Oktober 2014
- 5 Ashrae Handbook Jan 2001. American Society Of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineer, Inc.