

ANALISA KINERJA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA PADA RUANG TUNGGU PENUMPANG DI TERMINAL TIPE A PAKUPATAN KOTA SERANG

Fajri Yogi Habsari¹⁾, Ronald Akbar¹⁾, Achmad Zaki Rahman²⁾

1) Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Indonesia

2) Pusat Riset Teknologi Kekuatan Struktur, Organisasi Riset Energi dan Manufaktur

Email: fajriyogi97@gmail.com, ronaldakbar@iti.ac.id, achm030@brin.go.id

Abstrak

Ruang tunggu sebagai fasilitas utama di terminal membutuhkan sistem pengkondisian udara yang memadai untuk memberikan kenyamanan termal dan pelayanan bagi pengguna jasa transportasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis beban pendinginan total dan kesesuaian kapasitas AC yang terpasang dengan kebutuhan aktual ruangan. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data lapangan, identifikasi material bangunan, jumlah penghuni, peralatan, serta perhitungan beban pendinginan berdasarkan standar ASHRAE. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Effective Room Total Heat (ERTH) sebesar 22.508,87 Watt atau 76.800 BTU/hr, sedangkan kapasitas AC terpasang 1 unit AC Split dan 1 unit AC cassette dengan total 36.000 BTU/hr. Kemampuan pendinginan yang tersedia baru memenuhi 46,87% dari total kebutuhan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem AC belum optimal dalam menjaga kenyamanan termal. Diperlukan penambahan kapasitas pendinginan agar performa sistem pengkondisian udara sesuai standar kenyamanan.

Kata Kunci : *pengkondisian udara, beban pendinginan, kenyamanan termal*

Pendahuluan

Ruang tunggu Terminal Tipe A Pakupatan Kota Serang merupakan salah satu fasilitas publik dengan intensitas penggunaan yang cukup tinggi setiap harinya. Ruang tunggu penumpang merupakan fasilitas utama dalam sebuah terminal transportasi yang berfungsi untuk memberikan kenyamanan bagi pengguna jasa sebelum melakukan perjalanan. Sebagai area dengan tingkat aktivitas dan jumlah penghuni yang cukup tinggi, kondisi termal dan kualitas udara di dalam ruang tunggu sangat mempengaruhi kenyamanan dan kepuasan pengguna. Oleh karena itu, sistem pengkondisian udara menjadi elemen penting yang harus dioperasikan secara optimal.

Permasalahan terkait kenyamanan termal umumnya muncul ketika sistem pendingin tidak mampu memenuhi kebutuhan ruangan, baik akibat perhitungan beban pendinginan yang kurang tepat, pemilihan kapasitas *air conditioning* (AC) yang tidak sesuai.. Kondisi tersebut dapat menyebabkan suhu ruangan tidak stabil, distribusi udara tidak merata, serta peningkatan konsumsi energi.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja pada sistem pengkondisian udara di ruang tunggu penumpang Terminal Tipe A Kota Serang berdasarkan standar kenyamanan thermal dan mengevaluasi kesesuaian kapasitas sistem pengkondisian udara yang terpasang. Analisis dilakukan menggunakan standar ASHRAE dengan mempertimbangkan berbagai parameter seperti karakteristik bangunan, jumlah penghuni, serta infiltrasi udara.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat kecukupan sistem pengkondisian udara yang ada serta menjadi referensi dalam upaya peningkatan kenyamanan termal dan efisiensi energi pada fasilitas terminal.

Studi Pustaka

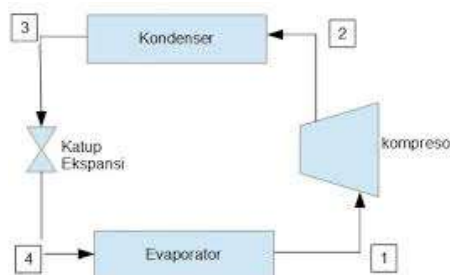
Pengkondisian udara adalah pengaturan kondisi udara yang meliputi temperatur, kelembaban, kualitas udara, dan sirkulasi secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada di dalamnya. Sistem ini dikenal juga dengan istilah HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*).

Sistem pengkondisian udara atau AC terdiri dari komponen diantaranya sebagai berikut:

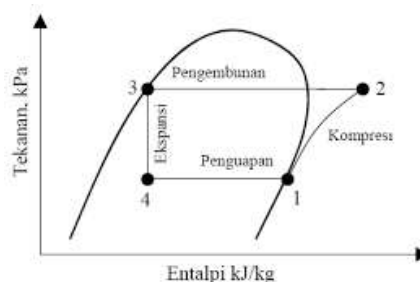
- Kompresor berfungsi untuk menekan refrigeran, meningkatkan tekanannya, dan mengalirkannya ke kondensor. Kompresor bekerja dengan cara menarik refrigeran dalam bentuk gas dari evaporator, lalu memampatkannya hingga mencapai tekanan dan temperatur yang lebih tinggi.
- Kondensor berfungsi untuk melepaskan panas dari refrigeran ke lingkungan sekitar.
- Katup ekspansi berfungsi untuk mengatur aliran refrigeran cair ke evaporator dengan mengurangi tekanan dan suhu refrigeran tersebut.
- Evaporator berfungsi sebagai tempat terjadinya proses penyerapan panas dari udara dalam ruangan ke dalam refrigeran.
- Kipas atau *blower* berfungsi untuk mengalirkan udara melewati evaporator (untuk didinginkan) atau kondensor (untuk membuang panas).
- Filter udara adalah komponen yang menyaring debu, kotoran dan partikel mikro dari udara yang masuk ke sistem AC.
- Thermostat adalah alat pengatur suhu otomatis yang berfungsi sebagai pengendali sistem pendingin.

AC adalah perangkat sistem pengkondisian udara yang berfungsi untuk mengatur kondisi udara dalam ruangan agar mencapai tingkat kenyamanan termal yang sesuai bagi pengguna. Sistem ini tidak hanya bertugas untuk mendinginkan udara, tetapi juga mengatur beberapa parameter lingkungan seperti: kelembaban, kebersihan udara, sirkulasi udara, dan temperatur.

Sistem pengkondisian udara pada dasarnya bekerja berdasarkan prinsip termodinamika, siklus ini disebut juga siklus refrigerasi bertujuan untuk memindahkan panas dari dalam ruangan ke lingkungan luar, sehingga tercipta kondisi ruang yang nyaman bagi penghuninya. Siklus refrigerasi ditunjukkan oleh Gambar 1 dan Diagram Siklus Refrigerasi ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 1. Siklus refrigerasi



Gambar 2. Diagram siklus refrigerasi

Keterangan

- Kompresi : Refrigeran dalam bentuk gas tekanan rendah masuk ke kompresor meningkatkan tekanan dan suhu refrigeran, sehingga refrigeran menjadi gas panas bertekanan tinggi.
- Kondensasi : Gas panas bertekanan tinggi dialirkan ke kondensor. Kemudian panas dilepaskan ke lingkungan luar, menyebabkan refrigeran berubah dari fase gas menjadi cair.

3. Ekspansi : Cairan refrigeran bertekanan tinggi melewati katup ekspansi. Tekanan cairan turun secara drastis, menyebabkan penurunan suhu refrigeran.
4. Evaporasi : Cairan dingin bertekanan rendah masuk ke evaporator. Refrigeran menyerap panas dari udara ruangan, menguap kembali menjadi gas. Udara ruangan yang melewati evaporator menjadi dingin dan disirkulasikan kembali ke ruang.

Cara perhitungan beban pendingin ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Beban Pendingin

Beban pendingin	Jenis beban	Rumus
Penghuni	<i>Sensible</i>	$Q_s = N \times SHG \times CLF$
	<i>Laten</i>	$Q_l = N \times LHG$
Lampu	<i>Sensible</i>	$Q = (Daya) \times (Fu) \times (Fb) \times (CLF)$
Peralatan listrik	<i>Sensible</i>	$Q = (Daya) \times (I) \times (CLF)$
Kaca	<i>Sensible</i>	$Q = U \times A \times CLTD$
Atap	<i>Sensible</i>	$Q = U \times A \times CLTD$
Lantai	<i>Sensible</i>	$Q = U \times A \times CLTD$
Infiltrasi	<i>Sensible</i>	$Q_s = 1,2 \times Q (t_1 - t_0)$
	<i>Laten</i>	$Q_l = 3.010 \times Q \times \Delta w$

Metodologi

Tahap pertama adalah mencari literatur yang berkaitan dengan pengkondisian udara serta menentukan parameter sesuai dengan standar yang berlaku yaitu standar satuan ASHRAE.

Tahap kedua adalah melakukan pengumpulan data dengan cara survei pengukuran dan melakukan observasi ke ruang tunggu terminal serta tambahan lainnya seperti benda-benda yang dapat menambah beban pendingin yang ada di ruangan tunggu penumpang.

Tahap ketiga adalah pengolahan data yang sudah dibuat, dimana dengan data tersebut dapat ditentukan beban pendingin pada ruangan.

Tahap keempat adalah pembahasan dan kesimpulan, yang dilakukan setelah seluruh data diolah dan analisis beban pendinginan selesai dilakukan.

Ruang tunggu penumpang di Terminal Tipe A Pakupatan ini terletak pada letak astronomis sekitar 6°22' Lintang Selatan dan 106°25' Bujur Timur. Dengan dimensi panjang 8 meter, lebar 12 meter dan tinggi 4 meter. Gambar 3 merupakan kondisi ruang tunggu terminal.



Gambar 3. Ruang tunggu terminal

Peralatan yang terdapat pada ruangan tunggu penumpang dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Peralatan di Ruang Tunggu Penumpang

Nama Peralatan	Jumlah	Daya /Satu Peralatan (Watt)	Jumlah Daya (Watt)
Lampu LED Ceiling Papan	8	10	80
Lampu Display	2	30	60
Speaker	1	350	350
Stop Kontak	4	-	-
Kursi Penumpang	56	-	-
AC split merk Panasonic model CU-YN18WKJ	1	1710	1710
AC cassette merk Panasonic model U-18PVB1HS	1	1410	1410

Hasil dan Pembahasan**a. Beban pendingin penghuni ruangan**Beban *sensible*

$$Q_s = N \times SHG \times CLF$$

N = jumlah penghuni ruangan = 56 orang

SHG = *Sensible Heat Gain* = 75 Watt [1]CLF = *Cooling Load Factor* = 0,74 [2]

$$Q = 56 \times 75 \times 0,74 = 3.108 \text{ Watt}$$

Beban Laten

$$Q_l = N \times LHG$$

LHG = *Laten Heat Gain* = 55 Watt [1]

$$Q_l = 56 \times 55 = 3.080 \text{ Watt}$$

b. Beban pendingin lampuUntuk jenis lampu *fluorescent* 18 watt:

$$Q_1 = (\text{Daya}) \times (F_u) \times (F_b) \times (CLF)$$

F_u = Jumlah lampu = 8F_b = Factor Ballast = 1,2 [2]

CLF = 1,0 [2]

$$Q_1 = 18 \times 8 \times 1,2 \times 1,0 = 172,8 \text{ Watt}$$

Untuk jenis lampu *fluorescent display* 30 Watt

$$Q_1 = 30 \times 1 \times 1,25 \times 1,0 = 37,5 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{total}} = 172,8 + 37,5 = 210,3 \text{ Watt}$$

c. Beban pendingin peralatan

Peralatan yang ada *speaker* dengan daya 350 Watt

$$Q = (\text{Daya}) \times (I) \times (\text{CLF})$$

I = jumlah peralatan

$$\text{CLF} = 1,0$$

$$Q = 350 \times 1 \times 1,0 = 350 \text{ Watt}$$

d. Beban pendingin kaca

Jenis kaca yang digunakan *single flat glass*:

$$Q = U \times A \times \text{CLTD}$$

$$U = \text{Koefisien transmisi} = 2,19 \text{ kcal/hr.m}^2.\text{°C} [3]$$

$$A = \text{Luas keseluruhan kaca} = 160 \text{ m}^2$$

$$\text{CLTD} = 21,5 \text{ °C}$$

$$Q_k = 2,19 \times 160 \times 21,5 = 7.533,6 \text{ Kcal/hr} = 8.706,5 \text{ Watt}$$

e. Beban pendingin atap

Atap yang digunakan terbuat dari beton dan dilapisi plafon

$$Q = U \times A \times \text{CLTD}$$

$$U = \text{Koefisien transmisi} = 0,304 \text{ kcal/hr.m}^2.\text{°C} [3]$$

$$A = \text{Luas atap keseluruhan} = 96 \text{ m}^2$$

$$\text{CLTD} = 21,5 \text{ °C}$$

$$Q_a = 0,304 \times 96 \times 21,5 = 627,46 \text{ Kcal/hr} = 729,7 \text{ Watt}$$

f. Beban pendingin lantai

Lantai terbuat dari beton dan dilapisi keramik

$$Q = U \times A \times \text{CLTD}$$

$$U = \text{Koefisien transmisi} = 0,570 \text{ kcal/hr.m}^2.\text{°C} [3]$$

$$A = \text{luas lantai keseluruhan} = 96 \text{ m}^2$$

$$Q_a = 0,570 \times 96 \times 21,5 = 1.176,48 \text{ Kcal/hr} = 1.368,3 \text{ Watt}$$

g. Beban pendingin melalui infiltrasi

$$\frac{Q}{L} = (C_s \times \Delta T + C_w \times V^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q/L = \text{Infiltrasi spesifik}$$

$$C_s = \text{Stack coefficient} = 0.000145 [1]$$

$$C_w = \text{Koefisien angin yaitu } 0.00319 [1]$$

$$V = \text{Kecepatan angin diambil } 5 \text{ m/detik}$$

$$\frac{Q}{L} = (0,000145 \times 15 + 0,00319 \times 5^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{Q}{L} = 0,2863 \text{ m}^3/\text{h.cm}^2$$

Besar infiltrasi

$$Q = \frac{Q}{L} \times A_i \times \frac{1000}{3600}$$

$$Q = 0,2863 \times 400 \times \frac{1000}{3600}$$

$$Q = 31,81 \text{ l/s}$$

Beban infiltrasi *sensible*

$$Q_s = 1,2 \times Q (t_1 - t_0)$$

$$Q_s = 1,2 \times 31,81 (35 - 23,5) = 438,98 \text{ Watt}$$

Beban infiltrasi *laten*

$$Q_l = 3.010 \times Q (\Delta w)$$

$$Q_1 = 3.010 \times 31,81 (0,002-0,009) = 670,23 \text{ watt}$$

Room sensible Heat (RSH):

Beban penghuni + beban lampu + beban peralatan + beban kaca + beban atap + beban lantai + faktor keamanan 15% = 16.705,24 Watt

Effective room sensible heat (ERSH):

RSH + kebocoran udara 5 % dari RSH + beban infiltrasi *sensible* = 17.980,48 Watt

Room laten heat (RLH):

Beban penghuni + beban infiltrasi + faktor keamanan 15 % = 4312,76 Watt

Effective room laten heat (ERLH):

RLH + kebocoran udara 5 % dari RLH = 4528,39 Watt

Total beban pendingin atau effective room total heat (ERTH):

$$\text{ERSH} + \text{ERLH} = 22.508,87 \text{ Watt}$$

Berdasarkan hasil perhitungan (ERTH) sebesar 22.508,87 Watt atau setara dengan kapasitas pendinginan sebesar 76.800 BTU/hr. Sementara itu, unit AC yang terpasang pada ruang tunggu adalah AC Split Panasonic model CU-YN18WKJ dengan kapasitas daya 5280 Watt dan kapasitas pendinginan 18.000 BTU/hr serta AC Cassette Panasonic model U-18PVB1HS dengan kapasitas daya 5300 Watt dan kapasitas pendingin yang sama yaitu 18.000 BTU/hr. Dengan demikian, total kapasitas daya 10.580 Watt dan kapasitas pendinginan terpasang adalah 36.000 BTU/hr.

Jika dibandingkan dengan kebutuhan beban pendinginan sebesar 76.800 BTU/hr, maka kapasitas AC terpasang masih belum mencukupi, karena hanya memenuhi sekitar 46,87% dari total kebutuhan pendinginan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem pendingin pada ruang tunggu saat ini belum mampu mempertahankan kondisi termal ruang secara optimal, terutama pada saat beban puncak atau ketika jumlah penumpang meningkat.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diambil hasil sebagai berikut:

1. Total beban pendingin pada ruang tunggu terminal sebesar 22.508,87 Watt atau setara dengan kapasitas pendinginan 76.800 Btu/hr.
2. Kapasitas AC yang tersedia saat ini hanya mampu memenuhi sekitar 46,72% dari total kebutuhan pendinginan sehingga belum mencukupi untuk mencapai kondisi kenyamanan termal di ruang tunggu

Daftar Pustaka

- [1] ASHRAE. Handbook Fundamental SI Edition. Atlanta: ASHRAE Research. 2021
- [2] Wilbert. F. Stoecker, Jerold. W. Jones. Refrigeration and Air Conditioning (2nd ed). Singapore: McGraw-Hill. 1982.
- [3] American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. Cooling and Heating Load Calculation Manual. Washington. 1980.
- [4] Arismunandar, Wiranto, Heizo Saito. Penyegaran Udara. Jakarta: PT. Pradnya Paramita. 1981.
- [5] ASHRAE. Heating Ventilating and Air-Conditioning Applications. Atlanta: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineer, Inc. 2019.