

ANALISIS JUMLAH BEBAN PENDINGIN PADA RUANGAN TEST STAND MENGGUNAKAN METODE CLTD (COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENTIAL)

Muhammad Riza Fadilla¹, Agung Wahyudi Biantoro¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: riza.fadilla@yahoo.com

Abstrak-- PT GMF Aeroasia adalah suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang perawatan pesawat terbang atau MRO (Maintenance Repair Overhaul) terbesar di Asia dan salah satu jasa yang disediakan adalah jasa perawatan untuk komponen pesawat terbang. Salah satu komponen yang dikerjakan di PT GMF Aeroasia adalah IDG (Integrated Drive Generator) dan APU (Auxiliary Power Unit) Generator. Untuk menjamin IDG dan APU Generator dapat berfungsi dengan aman dalam beroperasi, maka diperlukan pengetesan secara berkala menggunakan test stand di workshop component. Permasalahan yang ditemukan yaitu pada saat pengetesan dilakukan, meningkatnya suhu pada ruangan test stand mencapai 45°C, sehingga beban pendingin pada ruangan tidak optimal, dan dapat mengganggu sistem elektronik pada test stand tersebut. Maka dilakukan perhitungan beban pendingin yang sudah ada menggunakan metode CLTD (Cooling Load Temperature Difference). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui total beban pendingin yang dibutuhkan untuk ruangan test stand IDG dan APU Generator, mendapatkan suhu ruangan yang ideal untuk memperpanjang umur perangkat elektronik dari test stand dan untuk menghindari terjadinya error atau gangguan pada sistem elektronik test stand ketika melakukan pengetesan komponen. Hasil perhitungan yang dilakukan, di dapatkan beban pendingin total yang dibutuhkan untuk ruangan test stand IDG dan APU Generator sebesar 13449,375 Watt atau 45891,172 Btu/h, dan ditemukan selisih beban pendingin yang sudah ada dengan perhitungan ulang yang dilakukan sebesar 9891,172 Btu/h, dimana beban pendingin yang sudah ada tidak dapat memenuhi suhu rancangan yang ideal pada ruangan. Maka dibutuhkan penambahan mesin beban pendingin minimal sebesar 1,5 PK sesuai dengan suhu ideal sebesar 20°C.

Kata kunci: CLTD, Beban Pendingin, Ruangan Test Stand, suhu rancangan ideal

Abstract-- PT GMF Aeroasia is a company engaged in aircraft maintenance or the largest MRO (Maintenance Repair Overhaul) in Asia and one of the services provided is maintenance services for aircraft components. One of the components carried out at PT GMF Aeroasia is the IDG (Integrated Drive Generator) and APU (Auxiliary Power Unit) Generator. To ensure that the G and APU Generators can work safely in operation, it is necessary to periodically test using a test stand at the workshop component. The problem that occurs is that when the test is carried out, the temperature in the test room reaches 45°C, so the cooling load in the room is not optimal, and can interfere with the electronic system on the test stand. Then the calculation of the existing cooling load is carried out using the CLTD (Cooling Load Temperature Difference) method. This study aims to determine the total cooling load required for the IDG and APU Generator test stand rooms, to obtain the ideal room temperature to extend the life of electronic devices from the test stand and to avoid errors or disturbances in the test stand electronic system when testing components. The results of the calculations carried out show that the total cooling load required for the IDG test booth and APU Generator room is 13449.375 Watt or 45891.172 Btu/h, and the difference between the existing cooling load and the re-calculation is 9891.172 Btu/h, where the cooling load that already there is not able to meet the ideal design temperature in the room. Then it is necessary to add a cooling machine of 1.5 PK according to the ideal temperature of 20°C.

Keywords: CLTD, Cooling Load, Test Stand Room, Ideal Design Temperature.

1. PENDAHULUAN

Keberadaan sistem HVAC telah menjadi suatu keharusan bagi setiap bangunan besar, khusus nya di negara yang beriklim tropis seperti

di Indonesia [1]. Untuk meningkatkan efisiensi energi sebuah ruangan, penggunaan sistem HVAC yang kapasitasnya sesuai dengan beban pendinginan (*cooling load*) ruangan tersebut

sangat penting. Peningkatan suhu di lingkungan akibat perubahan iklim dapat mempengaruhi suhu pada ruangan [2]. Dalam pemasangan dan penggunaannya, sistem tata udara memerlukan biaya yang tidak sedikit. Pemakaian tata udara yang tidak tepat dengan kebutuhannya akan mengakibatkan pemborosan, baik itu pada energi maupun pada biaya yang cukup mahal. Setiap bangunan atau ruangan, selain mempunyai beban pendinginan puncak, juga mempunyai beban total pendinginan ruangan, yang biasanya berubah-ubah setiap jamnya [3]. Pemilihan (HVAC) sistem dan peralatan harus selalu didasarkan pada penentuan akurat beban pemanasan bangunan atau ruangan dan beban pendinginan.

Dalam penerapan HVAC, di PT GMF Aeroasia juga menerapkan sistem ini agar pegawai yang bekerja di *workshop* merasa nyaman, terlebih pada ruangan *test stand* tempat pengetesan komponen. PT GMF Aeroasia adalah suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang perawatan pesawat terbang atau MRO (*Maintenance Repair Overhaul*) terbesar di Asia dan salah satu jasa yang disediakan adalah jasa perawatan untuk komponen pesawat terbang. Salah satu komponen yang dikerjakan di PT GMF Aeroasia adalah IDG (*Integrated Drive Generator*) dan APU (*Auxiliary Power Unit*) Generator, dimana ia mempunyai peran penting pada proses kerja mesin pesawat. IDG mempunyai fungsi sebagai pembangkit tenaga listrik untuk sistem kelistrikan pada pesawat, sedangkan APU Generator berfungsi sebagai kelistrikan pesawat sebelum terbang atau ketika masih berada di darat. Untuk menjamin IDG dan APU Generator dapat berfungsi dengan aman dalam beroperasi, maka diperlukan pengetesan secara berkala menggunakan *test stand* di *workshop component*. Pengetesan dilakukan di ruangan tertutup untuk mencegah kebisingan dan panas dari komponen itu sendiri dan dari *test stand* yang diakibatkan dari pengetesan tersebut.

Permasalahan yang ditemukan yaitu pada saat pengetesan dilakukan, meningkatnya suhu pada ruangan *test stand* sehingga beban pendingin pada ruangan tidak optimal dan mengakibatkan suhu ruangan menjadi panas, dan dapat mengganggu sistem elektronik pada *test stand* tersebut. Umumnya pengetesan komponen berlangsung 2 – 3 jam, sehingga menghasilkan panas ketika melakukan pengetesan. Maka untuk membuat suhu ruangan *test stand* tidak mengalami panas berlebih yang diakibatkan dari pengetesan, maka akan dilakukan perhitungan beban pendingin yang sudah ada dengan menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Diffren*). Selanjutnya dengan menganalisis beban pendingin tersebut

apakah sudah sesuai dengan yang dibutuhkan untuk membuat suhu ruangan tetap dalam keadaan ideal selama pengetesan berlangsung berdasarkan nilai *environment temperature* ruangan manual *test stand* yaitu $4.5^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ [4]. Suhu yang dihasilkan ketika dilakukan pengetesan biasanya berkisar $35^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$, dimana suhu ini akan membuat ruangan menjadi panas ketika melakukan pengetesan yang berlangsung cukup lama.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan beban pendingin pada ruangan *test stand* dengan suhu rancangan 20°C didalam ruangan.

2. METODOLOGI

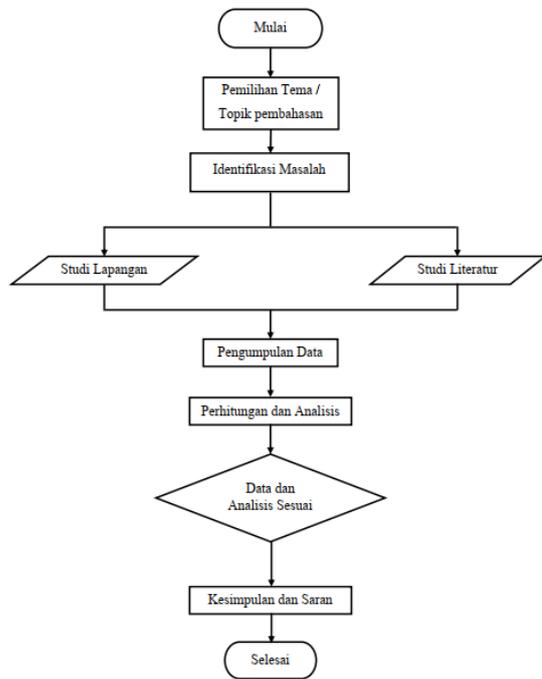
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*). CLTD adalah perbedaan temperature teoritis yang merupakan efek dari gabungan perbedaan temperatur udara di dalam dan luar ruangan, *daily temperature range*, radiasi matahari, dan panas dari konstruksi gedung tersebut. *Cooling Load* adalah suatu nilai yang biasa digunakan untuk menunjukkan berapa besar beban pendinginan dari suatu ruangan ataupun keseluruhan gedung yang nantinya akan dipasang sistem tata udara. *Cooling load* secara keseluruhan merupakan gabungan dari *external load* dan *internal load*. *External load* merupakan beban yang berasal dari perindahn panas yang ada di luar ruangan contohnya *heat transfer* yang terjadi lewat dinding, atap, lantai, jendela, pintu, dan lain-lain. Selain itu, beban juga didapatkan dari dalam ruangan atau biasa disebut *internal load* yang berasal dari panas yang ditimbulkan oleh manusia, alat atau mesin, elektronik dan lampu [5].

Beban pendingin ruangan adalah laju aliran kalor yang harus diambil dari dalam ruangan untuk mempertahankan *temperature* dan kelembaban udara relative ruangan pada kondisi yang diinginkan [6]

Dalam melakukan penelitian perlu dilakukan kerangka pemikiran secara garis besar dalam metode penelitian. Dalam laporan ini, diagram alir terdiri dari dua diagram yaitu diagram alir penelitian dan diagram alir analisis beban pendingin.

2.1 Diagram Alir Penelitian

Dibawah ini merupakan diagram alir dalam pelaksanaan penelitian untuk memudahkan dalam pelaksanaannya. Diagram tersebut di tunjukan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pemilihan topik ini dikarenakan sering terjadinya eror pada *test stand* ketika mekanik sedang melakukan pengetesan komponen, yang berdampak pada *reliability test stand* dan waktu TAT (*Turn Around Time*) komponen. Setelah masalah teridentifikasi, dilakukan observasi secara langsung ke lapangan untuk mendapatkan data – data yang diperlukan dalam melakukan analisis laporan ini.

Data – data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data primer adalah data pengamatan yang dilakukan secara langsung di lapangan melalui pengukuran maupun meminta keterangan dari mekanik. Data sekunder berupa dokumentasi, data historis, buku manual, data spesifikasi, dan lainnya dari perusahaan.

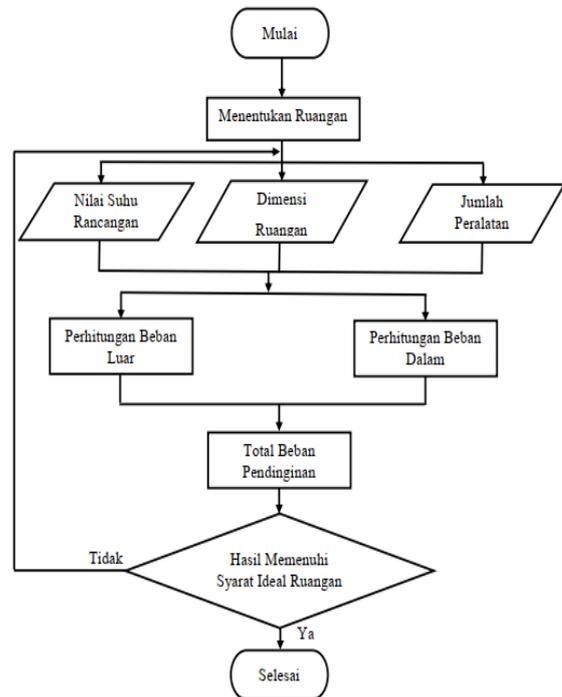
Perhitungan dan analisis data hasil studi lapangan dan literatur dilakukan dengan melakukan perhitungan secara manual berdasarkan teori yang ada.

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan dari penelitian ini. Dan memberi saran pada perusahaan terkait dengan ruangan *test stand* tersebut.

2.2 Diagram Alir Analisis Beban Pendingin

Diagram alir analisis beban pendingin berisi langkah – langkah yang harus dilakukan untuk menganalisis beban pendinginan ruangan *test stand*, dimulai dari penentuan tempat yang akan di analisis sampai didapat hasil dari analisisnya. Secara umum, tahapan proses analisis dan

perhitungan beban pendingin pada penelitian ini di tunjukkan oleh Gambar 2 dibawah ini.

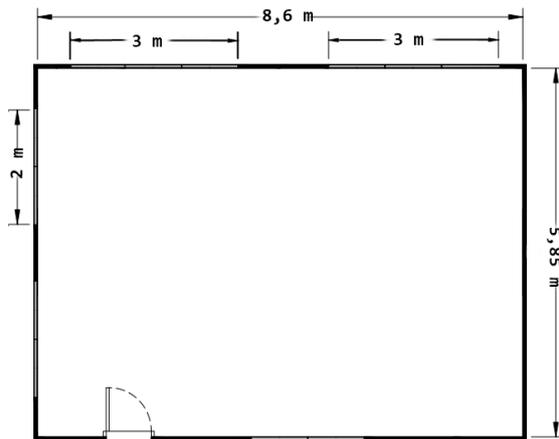


Gambar 2. Diagram Alir Analisis Beban Pendingin

Perhitungan beban pendingin dimulai dengan menentukan ruangan yang akan dianalisis beban pendinginannya. Pada tugas akhir ini ruangan yang dianalisis yaitu Ruang *Test Stand* IDG dan APU Generator. Kemudian, mengukur dimensi dari ruangan yang akan dianalisis. Menentukan nilai suhu rancangan yang akan dikondisikan, mendata jumlah peralatan dan spesifikasinya pada ruangan tersebut yang memiliki kalor. Setelah semua data terkumpul, maka dilakukan perhitungan beban pendingin dalam dan luarnya sesuai dengan standar *ashrae*. Lalu, menghitung total beban pendinginan dan memeriksa proses hasil perhitungannya, jika ada kesalahan maka diperbaiki dan jika ada perubahan data maka proses diulang dari langkah ketiga. Jika proses perhitungan sudah sesuai dan tidak ada perubahan maka analisis beban pendinginan selesai. Hasil perhitungan ini digunakan untuk menentukan kapasitas mesin pendingin udara.

2.3 Gambar Struktur dan Dimensi Bangunan

Dibawah ini merupakan denah untuk ruangan *test stand* yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Denah Ruang Test Stand

Dari gambar layout diatas, didapat dimensi ruangan yang akan di kondisikan, yaitu:

Lebar	5.85 m
Ruangan Panjang	8.6 m
Ruangan Tinggi	3.15 m

Lalu untuk parameter rancangan sistem tata udara pada ruangan test stand adalah :

Temperatur Rancangan	20°C
RH Rancangan	55%

Dan untuk kondisi lingkungan yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

Temp. Ambient Max	33°C
Temp. Harian (ΔT)	8°C
Kelembaban Relatif	68%
Arah Bangunan	Menghadap Timur
Lokasi	Tangerang, Banten
Bulan Perencanaan	Mei 2022

Temperatur ambient yang digunakan pada perhitungan adalah temperatur ambient rata-rata dimana menggunakan Persamaan (1) sebagai berikut:

$$T_m = T_{m, max} - \frac{dr}{2} \tag{1}$$

Dimana :

T_m (temp. ambient rata – rata) = 29°C
 $T_{m, max}$ (temp. ambient maksimal) = 33°C

dr (daily range, selisih $T_{m, max}$ dan $T_{m, min}$) = 4°C

Kondisi konstruksi bangunan diperlukan untuk mengetahui nilai koefisien perpindahan kalor (U). Nilai U dapat dicari dengan menjumlahkan nilai resistansi (R) dengan menggunakan Persamaan (2) dan (3) dibawah ini.

$$U = \frac{1}{R_t} \tag{2}$$

Dimana:

U = Koefisien perpindahan kalor (W/m².K)

R_t = Nilai total penjumlahan resistansi thermal (m².K / W)

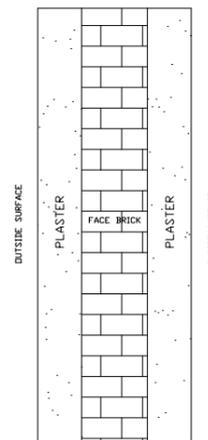
$$R_t = R_1 + R_2 + R_n \tag{3}$$

Dimana:

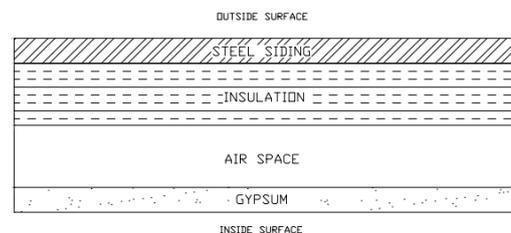
R_t = Nilai total penjumlahan resistansi thermal (m².K / W)

R = Nilai resistansi thermal pada lapisan 1, 2 hingga lapisan ke n (m².K / W)

Kemudian pada bagian dinding dan atap, dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 untuk susunan dari lapisan – lapisan nya.



Gambar 4. Ilustrasi Lapisan Pada Dinding



Gambar 5. Ilustrasi Lapisan Pada Atap

2.4 Kalor Internal Ruangan

Pada kalor internal ruangan, ada dari beberapa sumber, yaitu lampu, peralatan dan infiltrasi. Untuk lampu dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Data Lampu

Lampu	Jumlah	Daya
Lampu Neon	18 unit	20 Watt
Total		360 Watt

Sedangkan untuk peralatan ada dua yang menghasilkan kalor, yaitu *system assembly* dan *drive stand* sebesar 39,271.5 Watt.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mendapatkan semua data yang sudah terkumpul, maka perhitungan dilakukan pada saat suhu temperatur *ambient* berada pada puncaknya yaitu 33°C pada jam 13:00.

3.1 Perhitungan Beban Kalor

Setelah dilakukan perhitungan untuk dinding, atap dan kaca, maka didapatkan nilai U dari masing – masing konstruksi, sebagai berikut:

- U Dinding = 3,816 W / m² . K
- U Atap = 1,179 W / m² . K
- U Kaca = 6,07 W / m² . K

Selanjutnya melakukan perhitungan beban kalor dinding, sebelum mencari nilai dari beban kalor pada dindig harus mengetahui nilai CLTD_{penyesuaian} dari dinding dengan menggunakan Persamaan (4) dibawah ini.

$$CLTD_{peny} = CLTD + (25,5 - T_i) + (T_m - 29,4) \tag{4}$$

Dimana:

CLTD		16
T _i	(temperatur rancangan)	20
T _m		29
CLTD _{penyesuaian}		21,1°C

Maka nilai kalor pada dinding dapat dihitung dengan Persamaan (5) dibawah ini [7].

$$Q_{dinding} = U_{dinding} \cdot A \cdot CLTD_{peny} \tag{5}$$

Dimana:

- Q_{dinding, 1} = 1698,11 Watt
- Q_{dinding, 2} = 1161,06 Watt
- U_{dinding} = 3,816 W / m² . K
- A_{dinding, 1} = 21,09 m²
- A_{dinding, 2} = 14,42 m²
- CLTD_{penyesuaian} = 21,1°C

Kemudian melakukan perhitungan beban kalor pada atap yang dapat dicari dengan menggunakan Persamaan (6).

$$Q_{atap} = U_{atap} \times A_{atap} \times CLTD_{peny} \tag{6}$$

Dimana:

- Q_{atap} = 1,179 W/m².K
- U_{atap} = 1,179 W / m² . K
- A_{atap} = 27,09 m²
- CLTD_{penyesuaian} = 51,1 °C

Setelah itu dilakukan perhitungan beban kalor pada kaca dan radiasi kaca menggunakan Persamaan (7) dan (8).

$$Q_{kaca} = U_{kaca} \times A_{kaca} \times CLTD_{penyesuaian, kaca} \tag{7}$$

Dimana:

- Q_{kaca} = 734,47 Watt
- U_{atap} = 6,07 W / m² . K
- A_{kaca} = 10 m²
- CLTD_{penyesuaian} = 12,1°C

$$Q_{radiasi, kaca} = A \cdot Sc \cdot SHG \cdot CLF \tag{8}$$

Dimana:

- Q_{radiasi, kaca} = 1573,2 Watt
- A = 10 m²
- Sc (Koefisien peneduhan kaca) = 0,95
- SHG (Faktor perolehan kalor matahari) = 690 W/m²
- CLF (Faktor beban pendinginan) = 0,24

Maka di dapatkan nilai dari beban kalor kondisi kaca (Q_{kaca}) dan beban kalor dari radiasi kaca (Q_{radiasi, kaca}) adalah sebesar 734,47 Watt dan 1573,2 Watt.

Kemudian mencari beban kalor pada lampu atau beban kalor pencahayaan dengan menggunakan Persamaan (9) sebagai berikut.

$$Q_{lampu} = W \cdot F_u \cdot F_b \cdot CLF \tag{9}$$

Dimana:

- Q_{lampu} = 367,2 Watt
- W (Watt lampu) = 360 Watt
- F_u (Faktor Penggunaan) = 0,85
- F_b (Faktor ballast) = 1,2
- CLF = 1,0 jika tidak ada kondisi khusus seperti pola pengaturan jam nyala lampu.

Lalu menghitung beban kalor pada peralatan yang ada pada ruangan dengan Persamaan (10)

$$Q_{alat} = Q_{input} \cdot L_F \cdot CLF \quad (10)$$

Dimana:

$Q_{alat} = 4319,865$ Watt
 L_F (Faktor beban peralatan (diasumsikan seluruh peralatan masih dalam kondisi optimal) = 1
 $CLF = 0,11$

Selanjutnya menghitung beban kalor pada partisi diruangan dengan menggunakan Persamaan (11)

$$Q_{partisi} = U_{partisi} \cdot A \cdot (T_o - T_i) \quad (11)$$

Dimana:

$Q_{partisi} = 33,36$ Watt
 $U_{partisi} = 2,78$ W / m² . K
 $A = 2,4$ m²
 $T_o - T_i = (25 - 20)$ °C

Lalu menghitung beban kalor sensibel dan laten pada penghuni ruangan *test stand* dengan Persamaan (12) dan (13)

$$Q_{sensible, \text{ orang}} = N \cdot (SHG) \cdot CLF \quad (12)$$

Dimana:

$Q_{sensible, \text{ orang}} = 370$ Watt
 $N = 2$
 $SHG = 185$
 $CLF = 1$

$$Q_{laten, \text{ orang}} = N \cdot (LHG) \quad (13)$$

Dimana:

$Q_{laten, \text{ orang}} = 570$ Watt
 $N = 2$
 $LHG = 285$

Kemudian menghitung infiltrasi pada ruangan *test stand*, Tapi sebelum mencari nilai dari beban kalor infiltrasi, harus mencari nilai dari debit infiltrasi (V_{inf}) agar dapat menentukan nilai $Q_{inf, \text{ laten}}$ dan $Q_{inf, \text{ sensible}}$ menggunakan Persamaan (14). Dan untuk mencari nilai infiltrasi dapat menggunakan Persamaan (15) dan (16).

$$V_{inf} = ACH \times Vol \quad (14)$$

Dimana nilai:
 $V_{inf} = 63,4$ m³/h

$V_{inf} = 17,61$ L/s
 $ACH = 0,4$
 Vol (Volume ruangan) = 158,5 m³

Untuk Nilai ACH infiltrasi dapat digunakan 0,15 hingga 0,4 [8]. Untuk mendapatkan nilai V_{inf} dalam satuan L/s, maka hasil yang didapatkan tadi dikalikan dengan 0,2778. Sehingga nilai yang didapatkan adalah 17,61 L/s. Dan untuk mencari nilai rasio kelembaban, menggunakan diagram psikometrik dengan menggunakan 2 parameter yaitu nilai temperatur rancangan ruangan 20°C dan RH rancangan 55%. Sehingga didapat nilai untuk rasio kelembaban ruangan sebesar 8 g/kg. Sedangkan untuk rasio kelembaban udara luar menggunakan nilai temperatur udara luar rata – rata sebesar 29°C dan untuk RH max 68%. Maka didapat nilai rasio kelembaban udara luar sebesar 23 g/kg [9].

$$Q_{inf, \text{ sensible}} = 1,23 \times \Delta T \times V_{inf} \quad (15)$$

$$Q_{inf, \text{ latent}} = 3,01 \times \Delta \omega \times V_{inf} \quad (16)$$

Dimana nilai:

$Q_{inf, \text{ sensible}} = 194,94$ Watt
 $Q_{inf, \text{ latent}} = 795,09$ Watt
 $\Delta T = 9$ °C
 $\Delta \omega = 15$ g/kg

3.2 Total Beban Kalor

Setelah mendapatkan nilai beban kalor dari masing – masing bagian, maka selanjutnya yaitu menghitung jumlah dari beban kalor yang sudah diketahui yaitu RSHG (*Room Sensible Heat Gain*) ruangan dengan menggunakan persamaan (17) berikut:

$$RSHG = Q_{dinding} + Q_{atap} + Q_{lampu} + Q_{kaca} + Q_{radiasi, \text{ kaca}} + Q_{peralatan} + Q_{partisi} + Q_{sensible, \text{ orang}} + Q_{inf, \text{ sensible}} \quad (17)$$

$$RSHG = 2859,17 + 1632,08 + 367,2 + 734,47 + 1573,2 + 4319,865 + 33,36 + 370 + 194,94 \text{ (Watt)}$$

$$RSHG = 12084,285 \text{ Watt}$$

Dan untuk RLHG (*Room Latent Heat Gain*) ruangan terdapat pada beban kalor infiltrasi laten ($Q_{inf, \text{ laten}}$) dan penghuni dapat dihitung dengan Persamaan (19).

$$RLHG = Q_{inf, \text{ latent}} + Q_{laten, \text{ orang}} \quad (19)$$

$$RLHG = 795,09 \text{ Watt} + 570 \text{ Watt}$$

$$RLHG = 1365,09 \text{ Watt}$$

yaitu 795,09 Watt dan 570 Watt. Maka nilai dari RTHG (*Room Total Heat Gain*) dicari menggunakan persamaan (20)

$$RTHG = RSHG + RLHG \tag{20}$$

$$RTHG = 11714,285 \text{ Watt} + 1365,09 \text{ Watt}$$

$$RTHG = 13449,375 \text{ Watt}$$

$$RTHG = 45891,172 \text{ Btu/h}$$

3.3 Hasil Perhitungan

Dari penghitungan beban pendingin diatas di dapat bahwa total dari beban kalor yang dihasilkan sebesar 13449,375 Watt atau 45891,172 Btu/h. Dimana 1 PK sama dengan 9000 Btu/h, maka dari hasil perhitungan di perlukan 4,7 PK atau 5 PK untuk ruangan *test stand* IDG dan APU. Kondisi ruangan *test stand* saat ini hanya memiliki kapasitas AC sebesar 4 PK yang digunakan kurang mencukupi kebutuhan yang diperlukan. Maka untuk memenuhi kebutuhan yang perlu dilakukan dengan penambahan AC dengan kapasitas minimal 1.5 PK. Adapun ringkasan dari perhitungan yang dilakukan diatas dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 6 dibawah ini.

Tabel 2. Ringkasan Perhitungan Beban Pendingin *Test Stand*

Beban Kalor	Kalor (Watt)	
	Sensibel	laten
Beban Kalor Dinding	2859,17	
Beban Kalor Atap	1632,08	
Beban Kalor Pencahayaan	367,2	
Beban Kalor Kaca	734,47	
Beban Kalor Radiasi Kaca	1573,2	
Beban Kalor Partisi	33,36	
Beban Kalor Penghuni	370	570
Beban Kalor Peralatan	4319,86	
Beban Kalor Infiltrasi	194,94	795,09



Gambar 6. Diagram Perhitungan Kalor

Berdasarkan Gambar 4.1 diatas dapat ketahui beban kalor sensibel terbesar berasal dari peralatan sebesar 4319,865 Watt, karena pengaruh dari panas yang dihasilkan oleh *test stand* ketika beroperasi. Beban kalor sensibel terkecil berasal dari partisi, ini dikarenakan suhu antara ruangan sebelah lebih rendah dibandingkan dengan suhu didalam ruangan *test stand*. Sedangkan untuk beban kalor laten terbesar berasal dari infiltrasi sebesar 795,09 Watt karena kalor laten infiltrasi disebabkan karena perbedaan rasio kelembapan antara udara luar dan didalam ruangan, sehingga dapat meningkatkan kelembapan udara di dalam ruangan. Pada pengamatan suhu ruangan yang sudah dilakukan selama lima hari, di dapatkan bahwa suhu pada ruangan belum tercapai pada suhu ideal yaitu 20°C. Adapun nilai dari suhu ideal tersebut didapatkan dari *manual book test stand* “Avtron Models K838AX dan K938AX Test Stand Installation Manual” yaitu nilai median dari yang sudah ditetapkan antara 4,5°C – 40°C untuk suhu ruangan *test stand*.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu ruangan pada *test stand* belum mencapai suhu ideal sebesar 20°C. Pada penelitian yang dilakukan Utami, *et. al.* (2017) setelah dilakukan identifikasi awal pada sistem diketahui bahwa sistem tidak dapat bekerja secara optimal. Suhu processor mencapai angka 353.24 K pada 327 detik sebelum akhirnya CPU mati. Dalam bukunya Jaya, *et. al.* (2018) yang berjudul Perawatan dan Perbaikan Peralatan Elektronika, kerusakan bisa disebabkan karena dua hal, yaitu peka terhadap benturan atau getaran dan peka terhadap panas yang berlebih. Sehingga efek yang ditimbulkan dengan kondisi belum tercapainya suhu ideal, sistem elektronik diruangan *test stand* IDG dan APU Generator masih mengalami kerusakan atau gangguan *error* pada saat pengetesan dan akan memperpendek umur maupun *reliability* pada *test stand* tersebut. Dan suhu pada ruangan *test stand* masih dalam kondisi diluar batas suhu yang ditetapka pada *manual book test stand*.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis perhitungan beban pendingin menggunakan metode *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)* yang telah dilakukan pada bab IV, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Faktor eksternal beban pendingin ruangan terjadi akibat penambahan panas di dalam ruangan yang dikondisikan karena sumber

kalor dari luar ruangan yang masuk melalui dinding, kaca, dan atap. Hasil perhitungan beban pendingin eksternal adalah sebesar 6798,92 Watt. Sedangkan untuk faktor internal beban pendingin ruangan bersumber dari kalor yang dihasilkan oleh pencahayaan, peralatan, partisi, penghuni dan infiltrasi yang digunakan di dalam ruangan. Hasil perhitungan beban pendingin internal adalah sebesar 6650,455 Watt. Maka beban pendingin total pada ruangan test stand adalah merupakan total jumlah beban eksternal dan internal dan nilai maksimum yang berada pada ruang test stand IDG dan APU adalah sebesar 45891,172 Btu/h.

2. Kapasitas pendingin atau AC yang terdapat pada ruang test stand IDG dan APU adalah 4 PK sebanyak 2 unit atau setara dengan 36000 Btu/h, sehingga masih terdapat selisih sebesar 9891,172 Btu/h dengan total beban pendingin yang sudah dilakukan perhitungan ulang. Maka diperlukan penambahan minimal 1 unit AC sebesar 1,5 PK atau setara dengan 12000 Btu/h, sehingga temperatur ruangan dapat dikondisikan pada suhu ideal di 20°C.
3. Karena selisih beban pendingin antara kondisi ruangan yang sekarang dan hasil perhitungan tersebut maka ruangan test stand masih belum mencukupi untuk mencapai suhu ideal yang diinginkan. Untuk memenuhi kapasitas pendingin pada ruangan test stand IDG dan APU maka diperlukan penambahan unit AC 1,5 PK untuk dapat menjaga sistem elektronik test stand sehingga tidak terjadinya error atau gangguan pada saat pengetesan komponen berlangsung dan dapat memperpanjang umur masa pakainya.

4.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian beban pendingin dari beberapa jenis partisi untuk memisahkan antara sistem elektronik dan test stand assembly agar panas yang dihasilkan tidak memengaruhi sistem elektronik.
2. Saran untuk penelitian berikutnya melakukan perhitungan efisiensi dan biaya yang dihasilkan saat analisis, dan menghitung beban kalor sistem kerja AC untuk mengetahui apakah nilai yang dihasilkan dilapangan sama dengan spesifikasi nya
3. Agar dilakukan jadwal untuk *maintenance* per satu bulan untuk menjaga beban pendingin tetap dalam kondisi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. H. dan R. Saputra, "PERANCANGAN ULANG SISTEM HVAC PADA GEDUNG PERKANTORAN X DI JAKARTA DENGAN METODE CLTD," *Institut Sains dan Teknologi Nasional*, pp. 139-142, 2016.
- [2] A. K. Jaya, C. O. Harahap dan R. Andarini, "Analisis Perhitungan Beban Pendinginan Ruang Dhammasala Vihara Padumuttara menggunakan Metode CLTD," *Jurnal Sistem Komputer*, vol. XII, pp. 57-64, 2020.
- [3] S. Harahap, A. Hamid dan I. Hidayat, "Perhitungan Ulang Beban Pendinginan Pada Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti Blok III," *SINERGI*, pp. 149-154, 2014.
- [4] T. Nigro, *Avtron Models K838AX and K938AX TEST STAND Installation Manual*, Ohio: Avtron Aerospace, 2014.
- [5] R. Octoro, "ANALISA PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE CLTD DAN VISUALISASI PENCAHAYAAN DENGAN PERANGKAT LUNAK DIALUX," 2013.
- [6] A. W. Biantoro, BAB 13. PRINSIP PERHITUNGAN BEBAN KALOR, 2021b.
- [7] R. A. Parsons, *ASHRAE HANDBOOK - 1997 FUNDAMENTALS*, Atlanta, 1997.
- [8] S. K. Wang, *HANDBOOK OF AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION*, McGraw-Hill, 2000.
- [9] A. Pramudhita dan R. Hermawan, "PERANCANGAN SISTEM TATA UDARA PADA RUANG NICU DI LANTAI 3 RUMAH SAKIT "X"," *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 6, pp. 125-135, 2020.
- [10] J. Gunawan dan A. W. Biantoro, "ANALISIS BEBAN PENDINGINAN RUANG GARDU TRAKSI STASIUN MRT LEBAK BULUS BERDASARKAN STANDAR SNI 6389-2011 DAN ASHRAE 2019," *JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN*, vol. 7, pp. 80-89, 2021.