

ANALISIS PENGKONDISIAN UDARA PADA PESAWAT ATR 72-500

YAFID EFFENDI¹, FANNI FATTAH², ALFIAN IQBAL JUNIARDI³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol-Tangerang
E-Mail : yafid_effendi@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem Air Conditioning merupakan salah satu sistem yang penting dalam pesawat terbang. Sistem ini berfungsi untuk memberikan kenyamanan suhu udara didalam cabin pesawat terbang. Sistem ini akan menaikkan dan menurunkan temperatur udara sesuai yang dibutuhkan untuk memperoleh kondisi yang diinginkan. Oleh karena itu pesawat terbang sangat memerlukan sistem pengkondisian udara, karena ketika semakin tinggi pesawat terbang, temperatur dan tekanan udara sekitar akan semakin rendah. Untuk menjaga kenyamanan penumpang, maka kondisi cabin pesawat dikondisikan seolah-olah mendapatkan tekanan udara seperti di darat (ground). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui sistem pengkondisian udara yang digunakan pada pesawat ATR 72- 500 pada dua keadaan yaitu pada saat di Ground Idle dan Maximum Cruise. Metode penghitungan beban pendinginan (Cooling Load) menggunakan metode CLTD (Cooling Load Temperature Difference) berdasarkan buku dan tabel Air Conditioning Principles and System. Yang dihitung adalah Room Heat Gains (panas dari lampu, manusia, equipment, lantai, dinding, atap) dan grand total heat. Total penghitungan dibandingkan dengan Grand Total Heat pesawat yang sudah ada kemudian dianalisis. Hasil dari total perhitungan ini didapatkan beban pendinginan sebesar 59.046,307 (Btu/hr) untuk kondisi Ground Idle dan 26.169,907 (Btu/hr) di kondisi Maximum Cruise.

Kata Kunci : Analisis; Air conditioning; ATR 72-500; CLTD (Cooling Load Temperature Difference).

ABSTRACT

The Air Conditioning system is one of the most important systems in an aircraft. This system serves to provide comfortable air temperature in the aircraft cabin. This system will increase and decrease the air temperature as needed to obtain the desired conditions. Therefore, airplanes really need an air conditioning system, because when the aircraft is higher, the temperature and pressure of the surrounding air will be lower. To maintain passenger comfort, the condition of the aircraft cabin is conditioned as if it is getting air pressure like on the ground. The purpose of this study was to determine the air conditioning system used on the ATR 72-500 aircraft in two conditions, namely at Ground Idle and Maximum Cruise. The cooling load calculation method uses the CLTD (Cooling Load Temperature Difference) method based on the book and table Air Conditioning Principles and System. What is calculated is Room Heat Gains (heat from lights, people, equipment, floors, walls, roofs) and grand total heat. The total count is compared with the existing aircraft's Grand Total Heat and then analyzed. The results of this total calculation obtained a cooling load of 59,046.307 (Btu/hr) for conditions of Ground Idle and 26,169,907 (Btu/hr) in Maximum Cruise condition.

Keywords: Analysis; Air conditioning; ATR 72-500; CLTD (Cooling Load Temperature Difference).

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan tingginya mobilitas masyarakat saat ini, masyarakat membutuhkan transportasi yang cepat dan efisien dalam mobilitas mereka. Pesawat udara merupakan salah satu pilihan terbaik untuk mendukung mobilitas tersebut. Selain memerhatikan aspek keamanan pada pesawat, penerbangan juga harus memerhatikan aspek keselamatan pada manusia. Salah satunya, udara dalam kabin. temperatur dan tekanan udara sekitar akan semakin rendah. Sistem *Air Conditioning* merupakan salah satu sistem yang penting dalam pesawat terbang. Sistem ini berfungsi untuk memberikan kenyamanan suhu udara didalam *cabin* pesawat terbang. Sistem ini akan menaikkan dan menurunkan

temperatur udara sesuai yang dibutuhkan untuk memperoleh kondisi yang diinginkan. Oleh karena itu pesawat terbang sangat memerlukan sistem pengkondisian udara, karena ketika semakin tinggi pesawat , Untuk menjaga kenyamanan penumpang, maka kondisi *cabin* pesawat dikondisikan seolah - olah mendapatkan tekanan udara seperti di darat (*ground*).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif. Pengambilan data dilakukan dengan cara observasi dan interview. Observasi melalui akses internet untuk mencari data-data yang dibutuhkan serta dari data kerja praktek di PT GMF Aeroasia yang berkaitan dengan topik yang dibahas.

Interview dengan pengumpulan data informasi penulis dengan cara pengamatan secara langsung ke lapangan.

Data dikumpulkan sejak bulan September 2021 di PT GMF AeroAsia, Jl. GMF Aeroasia, RT.001/RW.010, Pajang, Benda, Kota Tangerang, Banten. Kemudian, dilakukan pengujian dari data tersebut.

Beberapa peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a) Komputer

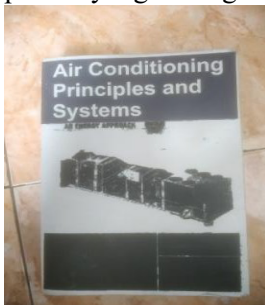
Fungsi dari komputer untuk membantu pengetikan dan menjalankan aplikasi perhitungan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Komputer

b) Buku Literatur

Fungsi buku literatur untuk menentukan rumus dan melengkapi data yang kurang lengkap.



Gambar 2. Buku Literatur

c) Termometer gun

Fungsi dari termometer untuk mengetahui suhu dalam kabin pesawat.



Gambar 3. Termometer Gun

d) Kabin pesawat

Sebuah kabin pesawat adalah bagian dari suatu pesawat terbang yang ditumpangi penumpang, kabin dapat dibagi menjadi beberapa bagian. Hal

ini meliputi bagian kelas perjalanan pada pesawat ukuran menengah dan besar, area untuk awak penerbangan, dapur kabin dan penyimpanan keperluan selama penerbangan. Kursi pada umumnya diatur secara jendela dan gang. Semakin tinggi kelas perjalanannya, semakin banyak area kosong yang dibutuhkan.



Gambar 4. Kabin Pesawat

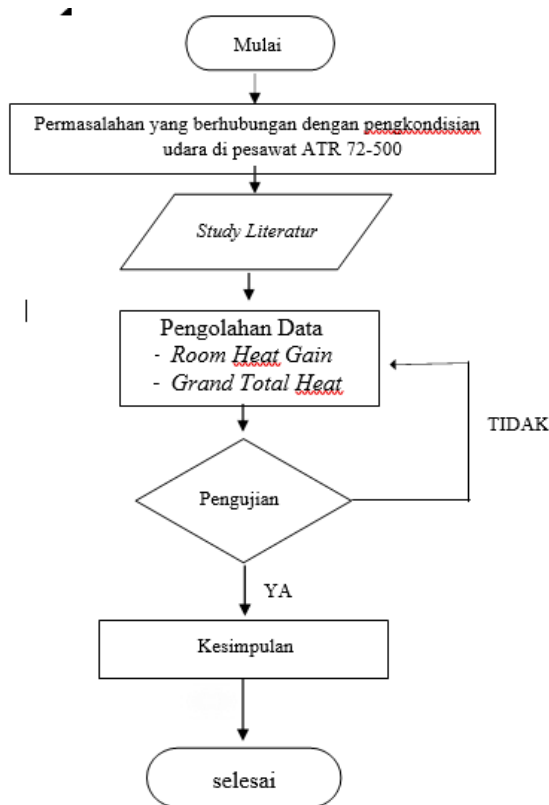
e) Pesawat ATR 72-500

Salah satu jenis pesawat yang seringkali digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah pesawat berbadan kecil seperti ATR 72-500. Pesawat ATR ini lebih fleksibel dalam mendarat di pulau-pulau kecil dibanding jenis pesawat berbadan lebar seperti Boeing ataupun Airbus sehingga sangat cocok digunakan di wilayah Indonesia yang berbentuk kepulauan. Penghitungan kebutuhan sistem pengkondisian udara dalam pesawat ATR tentu berbeda dengan pesawat berbadan lebar mengingat perbedaan luas pesawat serta kapasitas penumpang yang lebih kecil. Penelitian kebutuhan sistem pengkondisian pada pesawat berbadan besar telah banyak dilakukan, namun pada pesawat kecil masih jarang.



Gambar 5. Pesawat ATR 72-500

Langkah diagram Alir Penelitian dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perhitungan beban pendinginan air conditioning untuk pesawat ATR 72-500, perhitungan beban pendinginan dilakukan pada 2 keadaan yaitu pada kondisi Ground idle, dimana pesawat hanya berada dilandasan dan pada kondisi operasional pesawat Maximum Cruise dimana pesawat melakukan jelajah terbang pada ketinggian paling tinggi 25000 feet. Beban panas dalam kabin pesawat ATR72-500 diperoleh dari : Transmisi panas melalui badan pesawat (fuselage) yang meliputi dinding, jendela, lantai, atap, jumlah penumpang, peralatan elektronik (equipment) yang meliputi lampu kabin, alat intercom, mini computer (tv pada kursi penumpang), coffeemaker dan microwave.

Pada analisa perhitungan diambil dari data Vietnam – Jakarta. Dan untuk panas tertinggi yang pernah terjadi di Jakarta, Indonesia yaitu 35°C (95,72°F) pada tahun 2021 (Sumber: Kepala Bagian Humas BMKG Hary Tirto Djatmiko pada hari Selasa, 19 september 2021). Dan untuk data temperatur didalam kabin baik di ground idle dan maximum cruise dikondisikan 18°C (64,4 °F) diambil dari data minimum kemampuan air conditiong (Sumber: Technical Training Manual Air Conditioning Aircraft). Temperatur luar kabin pada saat di Ground

idle yaitu 35°C (95,72°F) berdasarkan suhu panas yang terjadi pada Jakarta pada tahun 2021. Untuk temperatur luar kabin pada saat maximum cruise yaitu -34,5°C (-589°F) (Sumber: Internasional Standar Atmosfer). Relative humidity diambil 50% karena ideal dari kelembaban yaitu 50% - 60% pada suhu 18 °C (Sumber: Chapter 21 Environmental Control System; Air Conditioning).

Adapun tekanan luar kabin pesawat diambil dari tabel ketinggian terhadap suhu dan tekanan yaitu pada saat di ground idle sebesar 14,70 psi serta tekanan diluar kabin pesawat pada saat maximum cruise sebesar 5,45 psi dengan ketinggian jelajah 25000 feet (Sumber: Internasional Standar Atmosfer). Data CFM (jumlah suplai udara) diambil dari volume kabin pesawat dan spesifikasi pesawat ATR72-500. Untuk mencari mencari nilainya didapatkan dari rumus (Sumber: Buku Air Conditioning principles and System; Edwar G pita.2002).

Tabel 1. Data Penerbangan Vietnam - Jakarta

| Kondisi | Ground Idle | Maximum Cruise |
|--------------------------|-------------|----------------|
| Cabin (°F) | 64,4 | 64,40 |
| Outdoor (°F) | 95,72 | -589,00 |
| Cfm | 55,912 | 55,91 |
| (%) | 50,00 | 50,00 |
| Tekanan luar Kabin (psi) | 14,70 | 5,45 |
| H (feet) | 0,00 | 25000,00 |

3.1 Beban Pendingin Pesawat ATR 72-500 dengan Metode CLTD

Perhitungan kalor pada struktur kondisi atap dari tabel *cooling load temperature* atap yang digunakan adalah tipe No. 1 dengan *suspended ceiling* pada 1 PM (13 hours) maka didapatkan Cltd = 71 °F dengan latitude Vietnam adalah 11°N. Mencari nilai Lm dengan menggunakan 0°N, dimana atap pesawat di asumsikan datar horizontal. Pada bulan Agustus, Lm = - 2 °F untuk mendapatkan ta, dimana pertama harus menentukan to dan DR. Vietnam memiliki to = 95 °F dan DR = 15 °F, maka:

$$t_a = 95 - \frac{15}{2} = 87,5^{\circ}F$$

Maka :

$$Cltdc = Cltd + Lm + (78 - tR) + (t_a - 85)$$

$$Cltdc = 71^{\circ}F + (-2)^{\circ}F + (78 - 64,4) + (87,5 - 85)$$

$$Cltdc = 85,1^{\circ}F \text{ sehingga diperoleh}$$

$$U = 0,134 \frac{BTU}{hr. ft^2 F}$$

Luas dari atap

$$A = 63 \text{ ft} \times 8,4 \text{ ft}$$

$$A = 529,2 \text{ ft}^2$$

Cooling load dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan

$$Q = U \times A \times Clt_{dc}$$

$$Q = 0,134 \frac{BTU}{hr.ft^2.F} \times 529,2 \text{ ft}^2 \times 85,1 \text{ } ^\circ\text{F hr.ft}^2 \text{ F}$$

$$Q = 6034,679 \frac{BTU}{hr}$$

Perhitungan kalor pada struktur kondisi dinding. Dinding diasumsikan menggunakan dinding sebelah barat. Gunakan tabel *Wall Contruccion Group Description*, dinding termasuk grup didapatkan nilai $Cl_{t_{dc}}=27 \text{ } ^\circ\text{F}$ sehingga diperoleh $L_m=-2 \text{ } ^\circ\text{F}$. Hasil t_a dapat diperoleh jika diketahui $t_o=95 \text{ } ^\circ\text{F}$ dan $D_r=15 \text{ } ^\circ\text{F}$ sehingga,

$$t_a = 95 - \frac{15}{2} = 87,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Cl_{t_{dc}} = Cl_{t_{dc}} + L_m + (78 - t_r) + (t_a - 85)$$

$$Cl_{t_{dc}} = 27 \text{ } ^\circ\text{F} + (-2) \text{ } ^\circ\text{F} + (78 - 64,4) + (87,5 - 85)$$

$$Cl_{t_{dc}} = 41,1 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Sehingga, luas dari dinding:

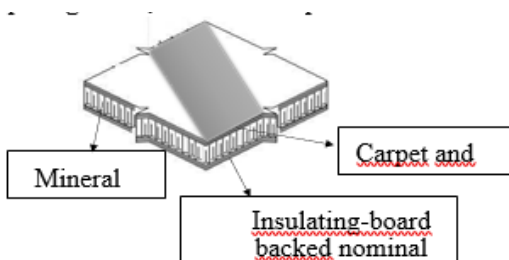
$$Q = U \times A \times Cl_{t_{dc}}$$

$$Q = 0,129 \frac{BTU}{hr.ft^2.F} \times 529,2 \times \text{ft}^2 \times 41,1 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q = 2805,765 \frac{BTU}{hr}$$

Perhitungan kalor pada struktur kondisi kaca jendela diperoleh $Cl_{t_{dc}} = 12 \text{ } ^\circ\text{F}$ dengan *double glass 3/8 in, air space type of 8 frame is aluminium summer* didapatkan nilai $U = 0,56 \frac{BTU}{hr.ft^2.F}$. Jika luas dari kaca jendela adalah $1,6875 \text{ ft}^2$ maka 60 kaca jendela dengan pesawat ATR 72-500 diperoleh luas $101,25 \text{ ft}^2$. Kalor pada struktur kondisi kaca jendela adalah $680,4 \frac{BTU}{hr}$.

Perhitungan kalor pada struktur konduksi lantai harus memperhatikan konstruksi lantai pesawat seperti pada Gambar 7 dan Tabel 2.



Gambar 7. Ilustrasi Lantai Pesawat ATR 72-500

Tabel 2. Thermal Resistance R Building and

Insulating Materials

| | |
|---|------|
| Carpet and Rubber Pad | 1.23 |
| Mineral Fiber with Resin Binder | 3.45 |
| Insulating-Board Backed Nominal 0.375 in, Foil Backed | 2.96 |

Maka nilai $U = 0.130 \frac{BTU}{hr.ft^2.F}$ dengan $A = 529,2 \text{ ft}^2$ dengan $T_d = 31,32 \text{ } ^\circ\text{F}$ sehingga $Q=2.154,690 \frac{BTU}{hr}$.

Kalor radiasi sinar matahari pada kaca adalah $3414,96 \frac{BTU}{hr}$ dengan luas kaca dari pesawat $101,25 \text{ ft}^2$, SC 0,40 dan CLF glass 0,31. Sementara itu, kalor pada manusia dengan jumlah manusia sebanyak 68 penumpang, $q_s = 250 \frac{BTU}{hr}$ dan $q_1 = 200 \frac{BTU}{hr}$ adalah 30.600.

Berbeda dengan perhitungan kalor pada kondisi yang lain, perhitungan kalor pada peralatan berdasarkan Tabel 3 *cooling load* diperoleh kalor sebesar 27950.

Tabel 3. Cooling Load pada Peralatan/Equipment Ground Idle

| Peralatan | Q (BTU/hr) |
|-----------------------------|------------|
| Communication/trans mission | 7.600 |
| Minicomputer | 1.1250 |
| Cool food/beverage | 2.620 |
| Coffemaker | 5.120 |
| Microwave oven | 1.360 |
| Q total | 27.950 |

Kalor pada pencahayaan diperoleh $6375 \frac{BTU}{hr}$ dengan W 1500 watt, Bf 1,25 dan CLf 1. Perhitungan kalor *Infiltrating* menghasilkan $1.926,280 \frac{BTU}{hr}$ ketika $T_o = 95,72 \text{ } ^\circ\text{F}$ dan merupakan *Tight class* didapatkan hasil dari interpolasi adalah $ACH = 0,3463$

Volume kabin :

$$V = P \times l \times t$$

$$V = 63 \text{ ft} \times 8,4 \text{ ft} \times 6,3 \text{ ft}$$

$$V = 3.333,96$$

$$C_{fm} = A_{ch} + \frac{v}{60}$$

$$C_{fm} = 0,3463 + \frac{3.333,96}{60} = 55,912$$

$$Q = 1,1 \times C_{fm} \times T_c$$

$$Q = 1,1 \times 55,912 \times (95,72 - 64,4)$$

$$Q = 1,1 \times 55,912 \times 31,32$$

$$Q = 1.926,280 \frac{BTU}{hr}$$

Perhitungan *Room Heat Gains*. Dimana terdapat *sensible* dan *latent heat* pada suatu ruangan. Dibawah ini adalah jumlah dari masing – masing :

Tabel 4. Room Heat Gains Of Ground Idle

| Room Heat Gains | Room Sensible Heat (RSH) | Room Latent Heat (RLH) |
|--|--------------------------|------------------------|
| Struktur Konduksi pada Dinding,Atap dan Kaca | 9,520,844 | - |
| Struktur Konduksi pada Lantai | 2154,690 | - |
| Radiasi Sinar Matahari pada Kaca | 3414,96 | - |
| Pada Manusia | 17000 | 13600 |
| Pada Peralatan (Equipment) | - | - |
| Pencahayaan | 6375 | - |
| <i>Infiltrating</i> | - | 1926,280 |
| Total(BTU/hari) | 38.465,494 | 15.526,28 |

Berikut dilakukan perhitungan Grand Total Heat Gains. Perhitungan *Temperature Apparatus dew point* (T_{adp}) dimana : T_{cabin} 64,4 °F DB RH adalah 50% dan T_{adp} 45,39 °F.

Perhitungan *Outdoor Air Sensible Heat* (OASH) dimana C_{fm} 55,912, $T_{outdoor}$ 95,72 °F, T_{cabin} 64,4 °F sehingga O_{ash} $55,912 \times 1,08 \times (95,72 - 64,4)$ adalah 1.891,256 ^{BTU}/hari.

Perhitungan *Outdoor Air Latent Heat* (OALH) dengan C_{fm} 55,912, Rh 50%. Dari grafik *Psychrometric*, ketika $T_{outdoor}$ 95,72 °F, Db 79,4 °F $W_{outdoor}$ 128 *pound d.a.* T_{cabin} 64,4 °F Db ; Rh 50% $W_{cabin} = 45$ *pound d.a.* O_{alh} $0,68 \times c_{fm} \times (W_{outdoor} - W_{cabin})$ sehingga $O_{alh} = 0,68 \times 55,912 \times (128,2 - 45) = 3.163,277$ BTU/hr.

Perhitungan *Effective Room Sensible* dimana R_{sh} 38.465,494 BTU/ Hr O_{ash} 1.891,256 BTU/hr sehingga $E_{rsh} = R_{sh} + O_{ash}$ diperoleh E_{rsh} $38.465,494 + 1.891,256 = 4.056,75$ BTU/hari

Perhitungan *Effective Room Latent Heat* (ERLH) dimana $R_{lh} = 15.526,28$ BTU/hr $O_{alh} =$

3.163,277 BTU/hr sehingga $E_{rlh} = R_{lh} + O_{alh}$ diperoleh $15.526,28 + 3.163,277 = 18.689,557$ BTU/hr

Perhitungan *Grand Total Heat* (GTH) dimana E_{rsh} 40356,75 BTU/hr E_{rlh} 18689,557 BTU/hr, G_{th} diperoleh dari penjumlahan E_{rsh} dan E_{rlh} sehingga, G_{th} didapatkan $40356,75 + 18689,557 = 59.046,307$ BTU/hr

Dari hasil data yang diperoleh maka selanjutnya dilakukan perhitungan data. Perhitungan data dilakukan dengan cara menggunakan rumus – rumus dan table yang telah digunakan berdasarkan referensi yang ada untuk merujuk *Grand Total Heat* pada sistem *Air conditioning* untuk pesawat ATR 72-500. Data yang telah dihitung maka didapatkanlah G_{th} (*Grand Total Heat*) untuk di ekspresikan antara lain dalam bentuk angka – angka yang menunjukkan beban pendinginan *Air conditioning* (BTU/hr) pada saat *Maximum Cruise* maupun pada saat pesawat di *Ground Idle*.

Tabel 5. Perhitungan Cooling Load pada2 Kondisi Operasional

| PERHITUNGAN | Ground Idle | | Maximum Cruise | |
|-----------------|---------------|-------------|----------------|-------------|
| | Sensible Heat | Latent Heat | Sensible Heat | Latent Heat |
| Qatap | 6.034,679 | - | 6.034,679 | - |
| Qdinding | 2.805,765 | - | 2.805,765 | - |
| Qkaca jendela | 680,4 | - | 680,4 | - |
| Qlantai | 2.145,690 | - | 3.787,219 | - |
| Qsinar matahari | 3.414,96 | - | 3.414,96 | - |
| Qmanusia | 17.000 | 13.600 | 17.000 | 13.600 |
| Qinfiltrating | | 1.926,280 | | 3.001,233 |
| Qpencahayaan | 6.375 | - | 6.375 | - |
| QTOTAL (Btu/hr) | 35.040,855 | 15.526,28 | 36.683,063 | 16.601,233 |

**Tabel 6 Perhitungan Grand Total Heat (GTH) 2
Kondisi Operasional**

| Perhitungan | On Ground | Max Cruise |
|-------------------------------------|---|--|
| Room Sensible Heat (RSH) | 38.456,494 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ | 49.023,023 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ |
| Room Latent Heat (RLH) | 15.526,28 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ | 16.601,233 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ |
| Outdoor Air Sensible Heat (OASH) | 1.891,256 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ | -39.455,532 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ |
| Outdoor Air Latent Heat (OALH) | 3.163,277 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ | 1,183 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ |
| Effective Room Sensible Heat (ERSH) | 40.356,75 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ | 43.050,951 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ |
| Effective Room Latent Heat (ERLH) | 18.689,557 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ | 16.602,491 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ |
| Grand Total Heat (GTH) | 59.046,307 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ | 26.169,907 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ |

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan dengan melakukan perhitungan *Cooling Load* pada pesawat ATR 72-500 yaitu:

1. Cara menghitung beban pendingin dari pesawat ATR 72-500 yaitu dengan cara mencari Q atap, Q dinding, Q kaca jendela, Q lantai, Q sinar matahari, Q manusia, Q infiltrating, dan Q pencahayaan setelah semua Q ketemu lalu di jumlah semua untuk mendapatkan Grand Total Heat dari Grand Total Heat baru kita bisa membandingkan besaran mana beban pendingin disaat di darat atau disaat di udara.
2. Dari hasil perhitungan beban pendinginan yang di dapat pada kondisi *Ground Idle* adalah sebesar 59.046,307 BTU/hr sedangkan pada saat *Maximum Cruise* adalah sebesar 26.169,907 BTU/hr. Jadi besar beban yang di tanggung oleh sistem pendinginan pada pesawat yaitu pada saat di *Ground Idle* atau pada saat pesawat masih berada di bawah atau di darat. Hal ini disebabkan perbedaan temperatur luar dan dalam kabin lebih besar dibandingkan dengan kondisi pada saat terbang atau *Maximum Cruise*.

DAFTAR PUSTAKA

Aircraft Characteristic Airport and Maintenance Planing. Arora C.P. *Refrigeration and Air Conditioning*. McGraw Hill Book Company. India. Third

- Edition. 2015
- Arora. CP. *Refrigeration and Air Conditioning*. 2nd Edition. New Delhi: Tata, 2000
- Chapter 21 Environmental Control System: *Air Conditioning* McGraw – Hill Publishing Company Limited. 2000.
- Infopenerbangan. Memahami hipoksia ditinggikan*. 2021 Tersedia online: <https://www.infopenerbangan.com/memahami-hipoksia-ditinggikan> Diakses pada Desember 2019.
- TRANE-*Air Conditioning Clinic Cooling and Heating Load Estimation One of The Fundamental Series* TRGTRC002-EN. 2005
- Santos, A.P.P, dk. *A Thermodynamic Study of Air Cycle Machine for Aeronautical Application*. *International Journal of Thermodynamics*. Stoecker, Wilbert, *Refrigeration and Air Conditioning*. 1992
- Keith Frank. *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*, Erlangga, 1994