

ANALISA EFEKTIFITAS SISTEM PENGKONDISIAN UDARA PADA RUANG PENUMPANG KAPAL FERRY NEW CAMELIA

Baharuddin, Syerly Klara & Hendro

Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea - Makassar, 90245
Telp./Fax: (0411) 585637
E-mail: hendro_05@yahoo.com

Abstrak

Kapal adalah alat transportasi lintas perairan dimana dalam pengoperasiannya menuntut kebutuhan akan kenyamanan, untuk kapal penumpang kebutuhan akan kenyamanan diantaranya kenyamanan suhu dalam ruangan, untuk itu perlu untuk merencanakan sebuah sistem pengkondisian udara yang akan digunakan pada sebuah kapal. Ferry RO-RO New Camelia yang saat ini sedang beroperasi di perairan Indonesia yaitu di rute Pelabuhan Siwa Kab.Wajo - Pelabuhan Tobaku Kolaka Utara adalah kapal yang dibangun di Jepang dengan aturan klas NKK dan diperuntukkan untuk beroperasi di Jepang. Sistem pengaturan udara pada kapal ini di rancang dengan rencana pelayaran pada perairan wilayah negara Jepang yang suhunya lebih dingin daripada wilayah Indonesia, melihat kenyataan tersebut terjadi kelebihan penggunaan daya yang mengakibatkan suhu dalam ruangan penumpang terlalu dingin. sebaliknya jika jumlah penumpang melebihi kapasitas maka suhu ruangan menjadi lebih panas. Dari beberapa hal di atas sehingga penulis mengangkat topik ini. Dengan mengetahui kondisi ruang penumpang dan jumlah penumpang, maka beban ventilasi dapat diketahui sehingga kapasitas sistem pengkondisian udara juga dapat diketahui. Sedangkan untuk mengetahui nilai efektifitas komponen pada sistem tersebut diperlukan data-data fisik pada komponen yang dianalisa (evaporator dan kondensor). Dari besar kapasitas pendingin yang dihasilkan diatas, untuk mengatasi beban ventilasi yang terjadi pada ruang penumpang KMP New Camelia dibutuhkan sebuah system pengkondisian udara dengan daya sebesar $= 58700,43 \text{ Kkal/jam} = 91,5497 \text{ Hp}$. Beban kalor yang terjadi Untuk jumlah penumpang 50 orang beban total yang terjadi adalah 58754,031 watt sedangkan beban untuk jumlah penumpang 100 orang, beban total yang terjadi adalah 61880,755 watt. Sehingga dapat di analisa bahwa untuk penambahan setiap 50 orang penumpang maka beban akan bertambah sebesar 3126,72 watt.. Pada analisis komponen sistem pengkondisian udara yaitu kondensor dan evaporator nilai efektifitas untuk kondensor adalah 89,91% sedangkan nilai efektifitas untuk Evaporator adalah 87,75%.

PENDAHULUAN

Dalam perencanaan dan perancangan suatu sistem pengkondisian udara, ada beberapa hal yang sangat penting untuk diperhatikan, diantaranya suhu lingkungan. Pada daerah pelayaran yang berbeda tentunya suhu lingkungan akan berbeda pula. Ferry RO-RO New Camelia yang saat ini sedang beroperasi di perairan Indonesia yaitu di rute Pelabuhan Siwa Kab.Wajo - Pelabuhan Tobaku Kolaka Utara adalah kapal yang dibangun di Jepang dengan aturan klas NKK dan diperuntukkan untuk beroperasi di Jepang. Sistem pengaturan udara pada kapal ini di rancang dengan rencana pelayaran pada perairan wilayah negara Jepang yang suhunya lebih dingin daripada wilayah Indonesia, berdasarkan data dari internet suhu di Jepang pada musim panas suhu berkisar 22 – 25 °C sedangkan suhu di perairan Indonesia khususnya Sulawesi Tenggara yaitu 22 – 35 °C. ruang penumpang pada kapal ini juga sedikitnya mengalami perubahan, dimana ada penambahan kapasitas penumpang dari 195 menjadi 215 orang karena ada pengalihan fungsi ruangan. Kenyataannya walaupun kapal ini telah berpindah wilayah pelayaran dan mengalami perubahan kapasitas ruang penumpang, namun tetap menggunakan sistem pengkondisian udara yang dirancang untuk pelayaran di wilayah Jepang. Selain penggunaan alat pengkondisian udara yang sama dengan yang digunakan pada rute pelayaran awal, daya alat pengkondisian juga digunakan dengan daya konstan walaupun berdasarkan data penumpang dari Dirjen Perhubungan laut pada pelabuhan Tobaku pada kenyataannya jumlah penumpang tidak selalu sama dalam setiap pelayaran terkadang kurang dari kapasitas penumpang namun sering pula berlebih, sehingga jika jumlah penumpang kurang dari kapasitas ruangan, terjadi kelebihan penggunaan daya yang mengakibatkan suhu dalam

ruangan penumpang terlalu dingin. sebaliknya jika jumlah penumpang melebihi kapasitas maka suhu ruangan menjadi lebih panas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kenaikan beban ventilasi pada setiap variasi jumlah penumpang dan menganalisa efektifitas daya pendingin udara yang digunakan pada jumlah penumpang sesuai dengan kapasitas maksimum ruangan yaitu 200 orang.

LANDASAN TEORI

2.1 Pengkondisian Udara

Pengkondisian udara dapat dikatakan sebagai suatu proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur temperatur, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak untuk mencapai kondisi nyaman. Teknik pengkondisian juga mencakup pemanasan atau penghangatan, pengaturan kecepatan, radiasi termal, kualitas udara, seperti pengisian partikel-partikel dan uap-uap pengatur.

1. *Mengatur temperatur udara*, Udara harus didinginkan atau dipanaskan sehingga temperatur di dalam ruangan menjadi sejuk. Temperatur udara yang nyaman berkisar 24 – 27 °C atau 75 – 80 °F. Perbedaan temperatur di dalam dan di luar ruangan sebaiknya tidak melebihi 8 – 11 °C atau 15 – 20 °F.
2. *Kelembaban (humidity)*, Kelembaban diatur untuk memperoleh udara sejuk dan nyaman, kelembaban harus diatur dengan mengambil uap air dari udara (determidification) atau menambah uap air pada udara (*humidification*). Kelembaban udara yang rendah pada temperatur (30 – 32)°C, umumnya telah cukup membuat badan terasa sejuk dan nyaman, sedangkan kelembaban udara yang tinggi pada temperatur 24 -30 °C masih dirasakan tidak sejuk.
3. *Membersihkan udara (air cleaning)*, udara yang mengalir disaring kotorannya, misalnya debu, sehingga udara yang keluar dari saringan adalah udara yang bersih.
4. *Mengeluarkan udara kotor (exhaust)*, untuk mengeluarkan asap rokok, bau yang tidak enak, sisa pernafasan, dan lain-lain dari dalam ruangan.
5. *Ventilasi udara luar (fresh air ventilation)*, untuk menambah udara segar dan zat asam dari luar ke dalam ruangan, dan membuat tekanan di dalam ruangan menjadi tinggi. Biasanya diperlukan pergantian 1 – 2 kali per jam dari ruangan yang diatur udaranya.

2.2 Dasar – Dasar Teori Perpindahan Panas

a. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas pada suatu media secara langsung dan tidak tergantung pada gerakannya. Secara umum, laju perpindahan kalor dengan cara konduksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan : (Holman J.P., 1994 :26)

$$q = -k.A. \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x}$$

dimana : q = laju perpindahan kalor (Watt)
 k = konduktivitas thermal bahan (W/m°C)
 A = luas permukaan bidang (m²)
 Δx = tebal dinding (m)
 T₁ dan T₂ = suhu muka dinding (°C)

Tanda minus dalam persamaan (II.3) diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah.

b. Konveksi

Apabila sebuah pelat logam panas di letakkan di depan kipas angin, maka pelat tersebut akan lebih cepat dingin dibandingkan bilamana ditempatkan di udara tenang. Dalam hal ini, kalor dikonveksi ke luar sehingga proses ini dinamakan proses perpindahan panas secara konveksi atau ilian.

Laju perpindahan kalor dengan cara konveksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan : (Holman J.P., 1994 :11)

$$q = h \cdot A (T_w - T_\infty)$$

dimana : q = laju perpindahan kalor (Watt)
 k = koefisien konveksi (W/m²°C)
 A = luas permukaan bidang (m²)
 T_w = suhu pelat (°C)
 T_∞ = suhu fluida (°C)

Tabel 1. Koefisien perpindahan kalor secara konveksi

Proses	h _c , W/m ² °K
Konveksi bebas, udara	5 – 25
Konveksi bebas, air	20 – 100
Konveksi paksa, udara	10 – 200
Konveksi paksa air	10 – 10000

Sumber : Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, hal.26

c. Radiasi

Radiasi merupakan perpindahan panas melalui pancaran panas. Pada perpindahan panas secara radiasi, proses perpindahan energi terjadi karena pelompatan foton dari suatu permukaan ke permukaan lain.

d. Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh

Dalam proses perpindahan kalor, tidak menutup kemungkinan laju perpindahan kalor konduksi, konveksi dan radiasi terjadi dalam waktu yang bersamaan. Untuk itu perlu diketahui besarnya koefisien perpindahan kalor total.

Pada dinding datar seperti pada gambar (II.1), dimana pada satu sisinya terdapat fluida panas A dan pada sisi lainnya terdapat fluida B yang lebih dingin, perpindahan kalor dinyatakan : (Holman J.P., 1994:32)

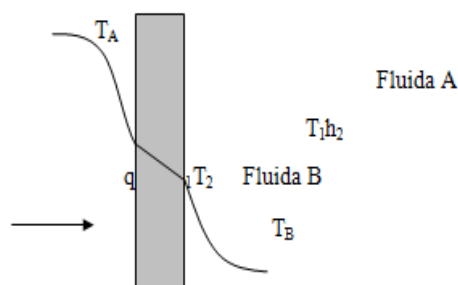
$$q = h_1 \cdot A \cdot (T_A - T_1) = \frac{kA}{\Delta x} (T_1 - T_2) = h_2 \cdot A \cdot (T_2 - T_B)$$

Proses perpindahan kalor ini dapat digambarkan dengan jaringan tahanan thermal seperti pada gambar (II.2). Dengan demikian perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

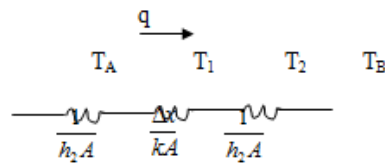
$$q = \frac{T_A - T_B}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{\Delta x}{kA} + \frac{1}{h_2 A}}$$

Dengan demikian, koefisien perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan : (Holman J.P., 1994:33)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_2}}$$



Gambar 1. Perpindahan kalor menyeluruh melalui dinding datar



Gambar 2. Jaringan tahanan thermal

2.3 Analisa Efektifitas Komponen Pada Sistem Pengkondisian Udara

2.3.1 Kondensator

Kondensator yang digunakan pada kapal KMP. New Camellia adalah kondensator pendingin air berbentuk tabung dengan susunan dua lintas pipa-pipa didalamnya. Kondensator ini terdiri dari pipa-pipa yang berada dalam satu tabung, dimana air laut sebagai pendingin mengalir dalam pipa-pipa, sedangkan uap refrigerant mengalir diluar pipa (mengalir didalam tabung). Uap refrigerant memasuki kondensator melalui sisi atas tabung dan cairan refrigerant keluar melalui sisi bawah tabung.

Kondensator merupakan alat yang berfungsi untuk melepaskan kalor dan mengubah fase refrigerant dari gas menjadi cair. Kondensator melepaskan panas yang diserap dari evaporator dan panas yang ditimbulkan akibat kompresi uap dalam compressor.

Kondensator digunakan sebagai alat penukar kalor yang bersifat tidak langsung (indirect), dimana fluida yang bersuhu tinggi tidak berhubungan langsung dengan fluida pendingin, melainkan dibatasi oleh media perantara seperti halnya pipa.

1. Koefisien perpindahan kalor pada sisi air (h_w)

Koefisien perpindahan kalor pada sisi air untuk aliran turbulen dapat dihitung dengan persamaan (Stoecker, Wilbert F hal. 223)

$$h_w = 0,023 \frac{k}{D} \left(\frac{VD\rho}{\mu} \right)^{0,8} \left(\frac{Cp\mu}{k} \right)^{0,4}$$

Dimana :

- h = koefisien perpindahan kalor (konveksi), ($W/m^2 \cdot C$)
- D = diameter dalam pipa (m)
- k = daya hantar termal fluida (m/det)
- ρ = rapat massa fluida (kg/m^3)
- μ = viskositas fluida (Pa.s)
- Cp = kalor spesifik fluida ($J/kg \cdot K$)

2. Koefisien pengembunan (h_{ct})

Koefisien pengembunan rata-rata untuk uap yang mengembun diluar pipa dihitung dengan persamaan (Stoecker, hal 232)

$$H_{ct} = 0,725 \left(\frac{g \cdot \rho \cdot h_{fg} \cdot k^3}{\mu \cdot \Delta t \cdot N \cdot DL} \right)^{1/4} W/m^2 \cdot ^\circ K$$

Dimana :

- h_{ct} = koefisien pengembunan rata-rata pada pipa ($W/m^2 \cdot ^\circ k$)
- g = percepatan gravitasi = $9,81 m/s^2$
- ρ = rapat massa kondensat (kg/m^3)
- h_{fg} = kalor penguapan laten (J/kg)
- Δt = beda suhu antara uap refrigerant dan penukar luar pipa kondensator (K)
- N = jumlah pipa dalam jajaran vertikel
- DL = diameter luar pipa (m)

3. Tahanan termal (R)

Tahanan termal (R) dari aliran panas sebelah menyebelah pipa antara aliran bagian dalam dan luar , mengikuti tahanan thermal dengan persamaan sebagai berikut (Stoecker F.)

$$\left(\frac{x_{Ao}}{k_{Ao}}\right) = \left\{ \frac{(dl - dd) / 2}{K} \right\}$$

Dimana :

- $\frac{x_{Ao}}{k_{Ao}}$ = tahanan thermal pipa
- dl = diameter luar (m)
- dd = diameter dalam (m)
- K = konduktifitas termal material piipa (W/m °C)

4. Koefisien perpindahan kalor total (μo)

Koefisien perpindahan kalor total untuk perpindahan kalor antara refrigerant dan air berdasarkan pada permukaan luar pipa dihitung dengan persamaan (Stoecker .F hal. 235).

$$\frac{1}{u_o} = \frac{1}{h_{ct}} + \frac{x_{Ao}}{k_{Am}} + \frac{dl}{dd.(h_{ff})} + \frac{dl}{dd.(h_w)}$$

Dimana :

- Hff = factor pengotoran didalam dan luar pipa
- dl = diameter luar pipa
- dd = diameter dalam pipa
- $\frac{x_{Ao}}{k_{Ao}}$ = tahanan thermal dari pipa

5. Efektifitas kondensor (ε)

Efektifitas penukar kalor (heat exchanger effectiveness) didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{Efektifitas } (\epsilon) = \frac{\text{perpindahankalor nyata}}{\text{perpindahankalormaksimumyang mungkin}}$$

Atau dapat dinyatakan dengan persamaan : (Holman J.P, Hal. 503)

$$\epsilon = 1 - e^{-NTU}$$

Dimana :

- NTU = UA / C min
- U = koefisien perpindahan panas total (W/m² °C)
- A = luas permukaan perpindahan panas
- Cmin = Mr . Cpr
- Mr = laju aliran massa refrigerant (kg/s)
- Cp r = kalor specific refrigerant (kj/kg °C)

2.3.2 Evaporator

Evaporator merupakan salah satu komponen dari suatu system refrigerasi yang merupakan pnukar kalor . Evaporator berfungsi menyerap kalor dari udara sekelilingnya , sehingga udara tersebut dapat menjadi dingin sesuai dengan yang diinginkan dan panas yang diserap dari udara akan diberikan pada refrigerant yang dalam keadaan cair , sehingga refrigerant mendapat panas dan siap untuk masuk ke compressor.

Untuk pipa evaporator ,perpindahan kalor konveksi bebas dari permukaan silinder horizontal ke udara adalah (Holman J.P hal 315):

$$h_o = 1,32 (\Delta T / Do)^{0.25}$$

dimana :

Arsitektur	Elektro	Geologi	Mesin	Perkapalan	Sipil
------------	---------	---------	-------	------------	-------

ΔT = beda temperature udara luar dengan temperature permukaan luar pipa, °K
 D_o = diameter luar pipa evaporator (m)

2. Efektifitas Evaporator (ϵ)

Efektifitas evaporator dapat dihitung dengan persamaan (Leinhard, John H. Hal 168):

- $q_{fin} = (h_o \cdot P \cdot K \cdot A_c)^{0.5} \cdot (T_o - T_i) \tanh(m \cdot L)$

dimana :

h_o = koef. Konveksi sirip ($W/m^2 \cdot ^\circ K$)
 P = keliling sirip = $2w + 2t$ (m)
 K = konduktifitas sirip ($W/m \cdot ^\circ K$)
 A_c = luas penampang sirip (m^2)
 T_o = temperature dasar sirip ($^\circ K$)
 T_i = temperature awal sirip ($^\circ K$)
 L = panjang sirip (m)

- $q_{max} = h_o F_p x P_x L_c x \theta_b$

dimana :

h_o = koefisien konveksi paksa
 P = keliling sirip
 L_c = panjang koreksi
 θ_b = beda temperature dasar sirip dengan temperature awal sirip.

Sehingga efektifitas evaporator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Efisiensi } (\epsilon) = \frac{\text{perpindahankalor actual}}{\text{perpindahankalorideal}} \quad (\text{M.White, Frank hal. 91})$$

Atau dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\epsilon = \frac{q_{fin}}{q_{maks}}$$

Sehingga kita dapat menghitung efektifitas dengan menggunakan persamaan : (Leinhard, John H. Hal 68)

$$\epsilon = n \cdot f \cdot \frac{\text{surface area of the fin}}{\text{cross sectional area of the fin}}$$

Atau dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\epsilon = n \cdot f \cdot x \left\{ \frac{w \cdot L}{2\delta \left(\frac{x}{L}\right)w} \right\}$$

Dimana :

W = lebar fins
 x = tebal sirip dibagian tengah sirip
 δ = $L / 2$
 L = tebal sirip

METODE PENELITIAN

3.2. Jenis dan Metode Pengambilan Data

3.2.1. Jenis Data

Jenis data yang diperoleh dibagi dalam 2 kategori, yaitu:

1. Data primer / langsung, yaitu data yang diperoleh melalui hasil pengamatan langsung di lapangan yaitu pada kapal Ferry New Camelia rute pelayaran Pebuhuhan Siwa – Pelabuhan Tobaku Kolaka Utara, seperti ukuran ruang penumpang dan peralatan yang terdapat di dalamnya, data spesifikasi alat pengkodisian udara dan lain-lain
2. Data sekunder / tidak langsung, yaitu data yang diperoleh melalui bahan-bahan tertulis dari sumber data atau informasi lainnya yang erat kaitannya dengan penelitian yang dilakukan, seperti data jumlah penumpang perhari dalam beberapa bulan, gambar general arrangement KMP New Camelia, data rata-rata suhu dan kelembaban udara pada perairan Teluk Bone, dan lain-lain

3.2.2. Metode Pengambilan Data

Adapun teknik pengambilan data antara lain yaitu:

1. Studi literatur

Pada studi literatur ini digunakan beberapa referensi sebagai bahan rujukan yang diantaranya buku bacaan, tesis, makalah, internet, dan lain-lain.

2. Studi lapangan

Penelitian dilakukan langsung di lapangan atau lokasi penelitian dengan melakukan pengamatan langsung terhadap objek yang akan diteliti.

3.3. Penyajian Data

Ukuran Utama Kapal :

- 1) Type : fery ro ro
- LOA : 47,90 m
- B : 12m
- H : 3,7 m
- T : 2,8 m
- Vs : 13,5 Knot

- 1. Ruang Penumpang :
- Panjang ruangan : 23,3 m
- Lebar ruangan : 7.5 m
- Tinggi ruangan : 2 m
- Luas permukaan ruangan : 472.7 m²
- Suhu ruangan penumpang : 26 °C
- Jumlah lampu : 47 buah
- Daya lampu penerangan : 20 W
- Peralatan listrik
 - Televisi : 3 unit
 - Daya televisi : 70 W
- Jumlah penumpang : 215 orang

- Ukuran jendela
 - Panjang : 1,54 m
 - Lebar : 0,74 m
 - Radius : 0,05 m
- Jumlah jendela
 - Sebelah kiri : 10 buah
 - Sebelah kanan : 12 buah
 - Depan : 4 buah
- Jumlah pintu : 4 buah (0,54 x 1,70)

2. Data Komponen Sistem pengkondisian Udara

• Kondensor

Type : shell and tube

Model : 8 A1- 4P

Dimensi :

- Diameter luar tabung (Do) = 0,243 m
- Diameter dalam tabung (Di) = 0,168 m
- Diameter luar pipa (do) = 0,022 m
- Diameter dalam pipa (di) = 0,012 m
- Panjang pipa dalam (L1) = 0,9 m
- Panjang tabung (L) = 1,3 m
- Jumlah pipa (n) = 32 batang
- Susunan pipa = lurus
- Temperature air laut masuk kondensor (tci) = 28
- Temperature air laut keluar kondensor (tco) = 39
- Temperature kondensor (t_{cond}) = 45 °C

• Evaporator

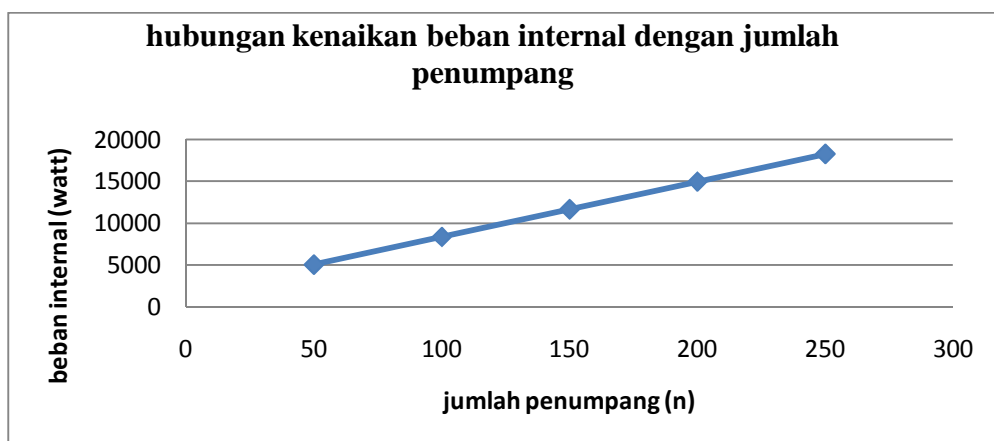
- Material Evaporator = aluminium
- Model Evaporator = coil
- Konduktivitas thermal material = 204
- Temperature kerja Evaporator = 20 °C
- Diameter luar pipa Evaporator = 0,022 m
- Diameter dalam pipa Evaporator = 0,012 m
- lebar sirip = 0,7 m
- Panjang sirip = 0,009 m

HASIL PENELITIAN

Table 2. Tabulasi hasil perhitungan beban ventilasi pada berbagai jumlah penumpang

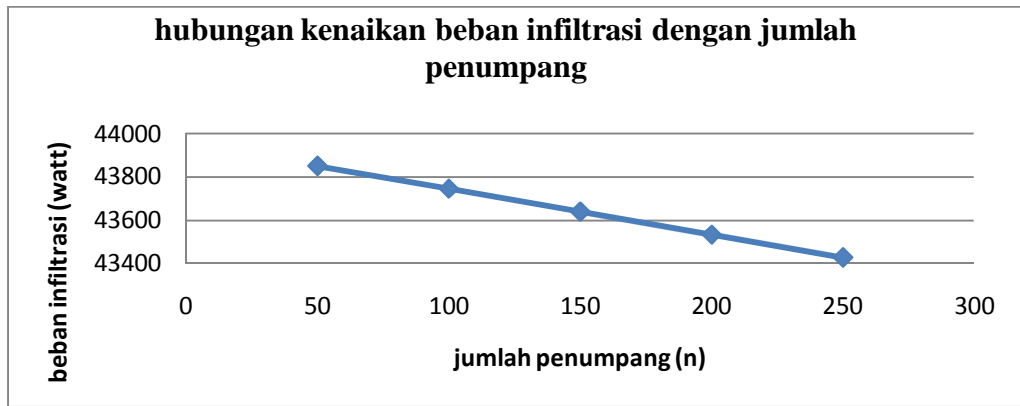
no	beban	jumlah penumpang					
		50	100	150	200	250	300
1	internal	5060	8360	11660	14960	18260	21560
2	radiasi	9768.371	9768.371032	9768.37103	9768.371032	9768.371	9768.371
3	infiltrasi	43851.41	43745.74047	43640.0706	43534.40073	43428.73	43323.061
4	transmisi	7.0505576	6.644339007	6.23812041	5.831901815	5.425683	5.0194646
5	total	58754.032	61880.75584	65074.6797	68268.60366	71462.53	74656.451

Berdasarkan tabel 4.1 Tabulasi hasil perhitungan beban ventilasi pada berbagai jumlah penumpang, maka dapat digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara beban terhadap perubahan daya atau kapasitas pendingin sebagai berikut :



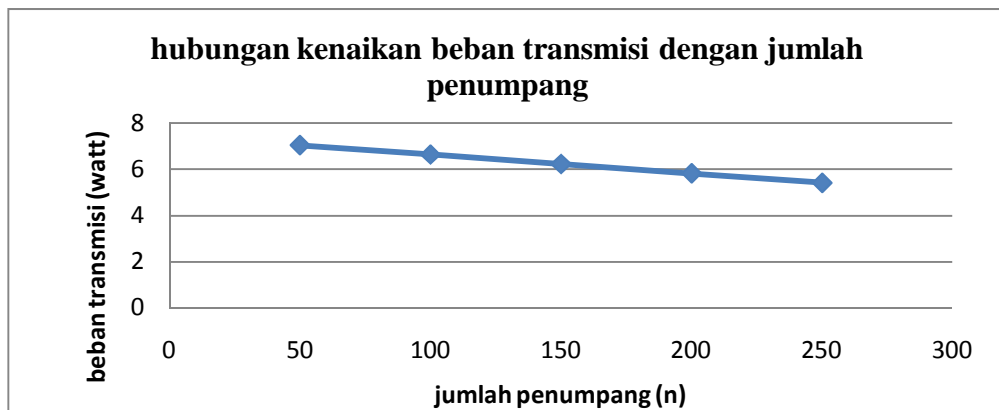
Gambar 3. Grafik Hubungan Kenaikan Beban Internal Dengan Jumlah Penumpang

Grafik diatas menggambarkan hubungan peningkatan beban internal yang diakibatkan oleh peralatan listrik dalam ruangan dan jumlah manusia (penumpang) yang berada dalam ruangan, pada grafik terlihat beban internal semakin meningkat seiring peningkatan jumlah penumpang dalam ruangan, hal disebabkan karena semakin banyak penumpang maka semakin tinggi nilai kalor yang dikeluarkan. Pada setiap penambahan 50 penumpang terjadi kenaikan beban internal sebesar 3193,92 watt. ini berarti bahwa setiap penambahan penumpang maka penggunaan daya system pendingin akan bertambah jika ingin mendapatkan suhu nyaman yang direncanakan yaitu 25 °C.



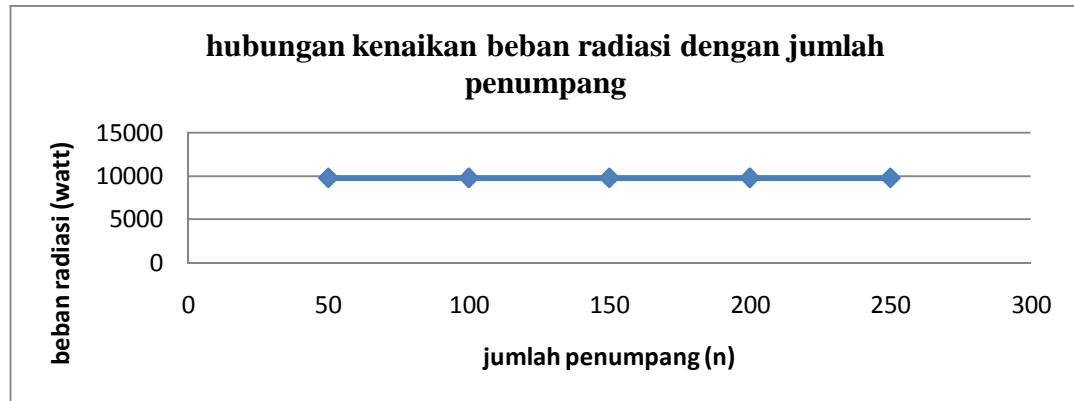
Gambar 4. Grafik Hubungan Kenaikan Infiltrasi Dengan Jumlah Penumpang

Grafik di atas adalah grafik hubungan antara jumlah penumpang dengan beban infiltrasi yang terjadi. Beban infiltrasi adalah beban sensibel dan laten, terjadi akibat adanya perbedaan suhu antara udara luar dengan dalam ruangan mengakibatkan terjadi perembesan udara melalui bukaan yang terdapat pada ruangan (pintu ruangan penumpang). Pada grafik terlihat nilai beban infiltrasi berbanding terbalik dengan jumlah penumpang, hal ini dikarenakan semakin banyak penumpang dalam ruangan maka temperature dalam ruangan meningkat (nilai T_o mendekati nilai T_i) sehingga tidak terjadi perbedaan jauh dengan udara luar yang pada akhirnya laju perembesan udara berkurang.



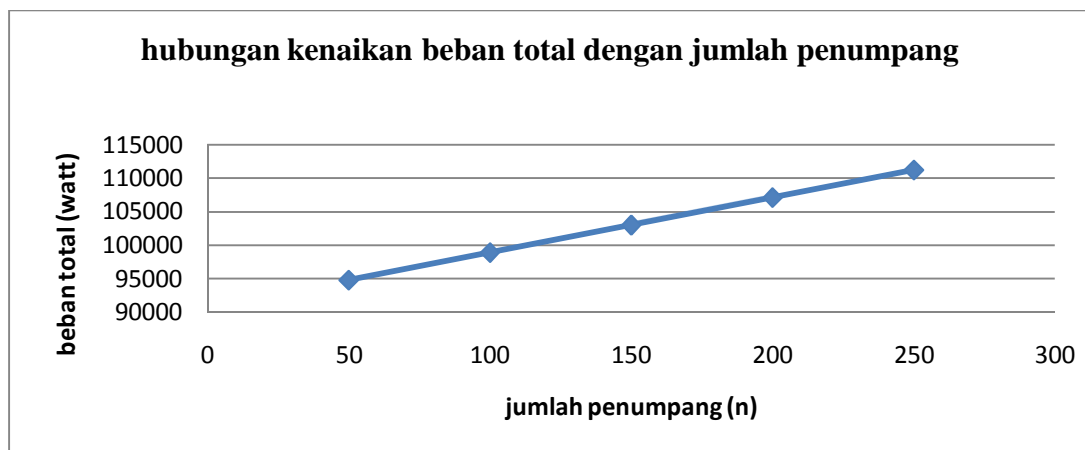
Gambar 5. Grafik Hubungan Kenaikan Beban Transmisi Dengan Jumlah Penumpang

Grafik di atas adalah grafik perbandingan nilai beban transmisi dengan jumlah penumpang, beban transmisi terjadi akibat adanya perbedaan suhu antara sisi dalam dinding ruangan dengan sisi luar dinding. Dari grafik diatas terlihat semakin besar jumlah penumpang dalam ruangan maka nilai beban transmisi semakin kecil. Nilai suhu dalam ruangan (T_i) akan meningkat jika jumlah penumpang bertambah sehingga perbedaan suhu dalam dengan suhu luar tidak besar sehingga laju perpindahan kalor melalui dinding bernilai kecil sehingga nilai beban transmisi pun menjadi kecil.



Gambar 6. Grafik Hubungan Kenaikan Beban Radiasi Dengan Jumlah Penumpang

Grafik beban radiasi di atas terlihat konstan pada jumlah penumpang yang bervariasi, hal ini dikarenakan suhu pada setiap jam tidak divariasikan. Beban radiasi hanya berubah akibat suhu luar dan ketinggian matahari, namun pada penelitian ini suhu dan ketinggian matahari diambil yang maksimum, nilai jumlah penumpang tidak mempengaruhi laju beban radiasi.



Gambar 7. Grafik Hubungan Kenaikan Beban Total Dengan Jumlah Penumpang.

Grafik di atas adalah grafik hubungan jumlah penumpang dengan beban ventilasi total, berdasarkan persamaan yang digunakan untuk menghitung beban total yaitu penjumlahan dari beban-beban yang terjadi ($q_{\text{radiasi}} + q_{\text{infiltrasi}} + q_{\text{transmisi}} + q_{\text{Internal}}$). Dari grafik terlihat bahwa beban ventilasi meningkat seiring peningkatan jumlah penumpang, hal ini terjadi karena beban total diambil dari beban internal yang sangat dipengaruhi oleh jumlah peningkatan jumlah penumpang. Untuk jumlah penumpang 50 orang beban total yang terjadi adalah 58754,031 watt sedangkan beban untuk jumlah penumpang 100 orang, beban total yang terjadi adalah 61880,755 watt. Sehingga dapat di analisa bahwa untuk penambahan setiap 50 orang penumpang maka beban akan bertambah sebesar 3126,72 watt. Sehingga untuk setiap penambahan penumpang 50 orang maka daya sistem pengkondisian yang ditambah sebesar beban ventilasi yang terjadi untuk menghasilkan udara suhu udara yang direncanakan yaitu 25°C.

Efektivitas Kondensator dan Evaporator

Pada analisis komponen sistem pengkondisian udara yaitu kondensator dan evaporator nilai efektivitas adalah:

- Nilai efektivitas untuk kondensator adalah 89,914,294%
- Nilai efektivitas untuk Evaporator adalah 87,75%

Nilai efektivitas komponen sistem pengkondisian udara di analisis pada penggunaan beban total 68268,603 watt. Beban total ini diakibatkan oleh jumlah penumpang 200 orang. Hal yang memungkinkan kecilnya nilai efektivitas sistem adalah kapasitas penumpang berlebih setelah mengalami penambahan ruangan, selain itu hal

yang lain adalah nilai suhu udara luar yaitu 31°C yang mengakibatkan nilai beban total tinggi sehingga dibutuhkan daya sistem pengkondisian udara yang lebih besar juga.

DAFTAR PUSTAKA

- ALLAN D. KRAUS . Heat Transfer, University of Akron Akron, Ohio, PDF
 Carrier air condition company, hand book of air conditioning system design, PDF
 Holman, J.P. 1994. Perpindahan kalor, edisi ke enam. Jakarta: Erlangga
 Internet.(09/03/2011) “siklus refrigerasi”<http://ingeenering> info dan intertainment
 Internet (14/02/2011) ‘pengkondisian udara’ catatan seorang engginer blog.
 Internet, (21/12/2009) “komponen sistem refrigerasi” [Glitter Text @ Glitterfy.com](http://GlitterText@Glitterfy.com)
 Internet.(09/03/2011) suhu dan kelembaban <http://globalsourch> info dan intertainment
 Internet.(09/03/2011) ‘siklus uap dalam refrigerasi’. Google.com
 Internet (10/04/2011) ‘perhitungan sistem refrigerasi pada lokomotif’, STIMIK AMIKOM : yogyakarta
 Jhon, Lienhard. 1987, Heat transfer IV/ V, edisi III, PDF
 Moran, M. J., Tsatsaronis,2000 G.“Engineering Thermodynamics.”*The CRC Handbook of Thermal Engineering*. Boca Raton: CRC Press LLC.
 Widodo ,spto. Syamsuri, hasan,. Sistem refrigerasi dan Tata Udara jilid I SMK, Direktorat jenderal pendidikan menengah kejuruaan, Jakarta
 Widodo ,spto. Syamsuri, hasan,. Sistem refrigerasi dan Tata Udara jilid II SMK, Direktorat jenderal pendidikan menengah kejuruaan, Jakarta
 Saito, heiso., Arismunandar, Wiranto, 2005. Penyegaran udara, cetakan ke tujuh, Jakarta pradnya paramita
 Stoecker, Wilbert F., Jones, Jerold W. 1987. Refrigerasi dan pengkondisian udara, edisi ke dua, Jakarta : Erlangga

Arsitektur	Elektro	Geologi	Mesin	Perkapalan	Sipil
-------------------	----------------	----------------	--------------	-------------------	--------------