

AKADEMI MILITER
KOORDINATOR DOSEN



**KARYA ILMIAH PENELITIAN
PRODI TEKNIK MESIN PERTAHANAN KORDOS
AKADEMI MILITER**

**ANALISIS PENGKONDISIAN UDARA AC TERHADAP BEBAN
PENDINGIN PADA MOBIL DAIHATSU FEROSA**

DISUSUN OLEH:

Ketua Tim II : Mayor Cpl Sukahar, S.T., M.T.
Sekretaris Tim II : Letda Caj Darmoko, S.Pd.
Anggota Tim II : Mayor Cpl Aryananta Lufti, S.T., M.Sc.
Anggota Tim II : Letda Cpl Tri Jatmiko, S.T.

Magelang, Oktober 2023

KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayahNya Penulis dapat menyelesaikan Karya ilmiah Penelitian. Karya Ilmiah ini berjudul Analisis pengkondisian udara ac terhadap beban pendingin pada mobil daihatsu ferosa.”

Karya ilmiah Penelitian ini dibuat guna mengembangkan kemampuan para Dosen di Kordos Akademi Militer sebagai wadah bagi Prajurit yang memiliki potensi di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi dalam membentuk TNI AD yang profesional, efektif, efisien dan modern menghadapi tantangan di masa depan.

Dalam penyusunan Karya Ilmiah Penelitian, Penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak yang berupa moril maupun materiil. Untuk itu melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Gubernur Akademi Militer, Mayjen TNI R. Sidharta Wisnu Graha, S.E, atas kepemimpinan, bimbingan, arahan dan *support* yang diberikan kepada penulis.
2. Kakordos Akademi Militer Brigjen TNI Triyono, S.Sos, yang telah memberikan kemudahan-kemudahan selama penelitian dan penyusunan karya ilmiah Penelitian.
3. Kepala Prodi Teknik Mesin Pertahanan, Kolonel Kav Pemuda Leonardi Ginting, S.I.P yang telah memberikan bimbingan selama penelitian dan penyusunan karya ilmiah Penelitian.
4. Para rekan Dosen dan anggota Kordos Akademi Militer yang telah membantu dan berpartisipasi hingga selesainya karya Ilmiah Penelitian.
5. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu di sini.

Penulis menyadari bahwa Karya Ilmiah Penelitian ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan kritik sangat diharapkan sebagai penuntun langkah demi kesempurnaan. Penulis berharap semoga Karya Ilmiah Penelitian bermanfaat bagi para pembaca dan institusi yang terkait.

Penulis

Ketua Tim Penelitian,

Sukahar, S.T., M.T.
Mayor Cpl NRP 21960304940674

ABSTRAK

Pada suatu kendaraan terdapat komponen yang merupakan komponen pendukung yang penting dalam kenyamanan berkendara yaitu komponen sistem pengkondisian udara, Sistem pengkondisian udara merupakan sesuatu yang menjadi daya tarik bagi kendaraan karena termasuk jenis mesin yang bekerja mengikuti siklus termodinamika. pengkondisian udara atau *airconditioner* pada mobil penumpang, biasanya dipakai untuk mengontrol suhu kelembaban sehingga udara tetap segar dan bersih. Sumber utama yang mempengaruhi beban pendingin berasal dari radiasi matahari langsung dan juga dari pengendara atau penumpang. Tujuan rancangan perencanaan ini untuk memberikan dasar untuk memperkirakan beban termal di kabin kendaraan. Dari hasil perhitungan beban, kapasitas pendinginan dapat dihitung sehingga memungkinkan kita untuk mengetahui besarnya beban pendinginan yang di perlukan.

Lingkup rancangan perencanaan ini mencakup beban kalor dari luar ruangan yang meliputi beban kalor dari sinar matahari melalui kaca jendela serta beban kalor dari sinar matahari melalui dinding atau atap, sedangkan untuk beban kalor dari dalam ruangan meliputi beban kalor dari penghuni ruangan.

Besarnya beban pendinginan yang terjadi sesuai dengan geometri ukuran mobil yang di rancang untuk 6 orang adalah $3,66 \text{ kW}$. Beban ini masih mampu untuk diatasi oleh setingan mesin pendingin, dimana untuk keseluruhan kalor yang mampu diserap oleh kabin adalah $5,26 \text{ kW}$.

Kata Kunci: Pengkondisian udara, beban pendinginan

ABSTRACT

There are components in a vehicle that are supporting components that are important in driving comfort that the air conditioning system components, air conditioning systems is something that appeals to the vehicle due to the kind of machine that works following the thermodynamic cycle. Air-conditioning or airconditioner in passenger cars, usually used to control the temperature of the moisture so the air remains fresh and clean. The main source affecting the cooling load is derived from direct solar radiation and also of the rider or passenger. The purpose of this planning design alone - the eye to provide a basis for estimating the thermal load in the vehicle cabin. From the calculation of the load, the cooling capacity can be calculated so as to enable us to know the size of the cooling load in need.

The scope includes design planning of the outdoor heat load that includes loads of heat from sunlight through glass windows as well as loads of heat from sunlight through the walls or roof, while for the heat load of the room includes heat load of the occupants of the room.

The amount of cooling load occurs in accordance with the geometric size of the car that is designed for 6 people was 3.66 kW. This burden is still able to be solved by setting the engine coolant, which for the overall heat that can be absorbed by the cabin was 5.26 kW.

Keywords: *air conditioning, cooling load*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang.	1
2. Rumusan Masalah.	2
3. Batasan Masalah.....	2
4. Tujuan Penelitian.....	3
5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
6. Umum.....	4
7. Beban Pendinginan.	6
8. Pengembangan model dan prosedur perhitungan beban pendinginan.	9
BAB III.....	16
METODOLOGI PENELITIAN.....	16
9. Langkah – langkah Perancangan.....	16
10. Peralatan dan Bahan.	16
11. Perancangan.....	22
12. Diagram Alir	24
BAB IV DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	25
13. Umum.	25
14. Ukuran Chasis dan body Daihatsu Feroza.....	26
15. Perhitungan Beban Pendingin.	26
16. Perhitungan faktor beban pendinginan.	27
17. Analisa dan pembahasan.....	30
BAB V KESIMPULAN.....	31
18. Kesimpulan.	31
DAFTAR PUSTAKA	32

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang.

Dalam kendaraan dinas diperlukan keamanan dan kenyamanan, sejumlah kendaraan dinas diberikan kepada personel yang memiliki jabatan tertentu. Di Akademi militer salah satu pejabat yang memperoleh kendaraan dinas adalah Kepala Sub Departemen (Kasubdep) atau jabatan setingkat Letnan Kolonel (Letkol). Pada penelitian ini obyek yang digunakan adalah mobil dinas Kasubdep jenis Daihatsu Feroza.

Sistem pengkondisian udara (*air conditioning system*) merupakan *system* pengaturan udara dalam suatu ruang untuk tujuan kenyamanan, udara dengan kelembaban tinggi dapat menimbulkan rasa tidak nyaman, hal ini karena pada kondisi tersebut orang menjadi mudah berkeringat. Untuk mengatasi kondisi tersebut, udara di dalam ruangan atau mobil harus dikondisikan sehingga mempunyai karakteristik yang cocok dengan kondisi tubuh orang yang menempati ruangan. Peralatan yang dapat dipakai untuk pengkondisian udara biasanya adalah *airconditioner* (AC), *fan* atau *blower*. Disamping untuk mengontrol temperatur udara, AC dapat digunakan sekaligus untuk sirkulasi sehingga kondisi udara tetap bersih. *Fan* dan *blower* hanya digunakan untuk sirkulasi udara saja. Sedangkan AC di samping sirkulasi udara juga untuk mengontrol kelembapan udara dan *Humadity Factor* atau yang sering disebut dengan RH (*Ratio Humadity*). Perencanaan AC perlu dipertimbangkan beban pendinginan yang ada pada kendaraan. Beban pendinginan tersebut antara lain dengan memperhitungkan jumlah penumpang, radiasi matahari, bahan dinding-dinding kendaraan, dan panas dari mesin yang masuk keruangan mobil. Dari beban pendinginan tersebut akan diketahui besarnya beban pendingin yang diterima oleh kendaraan sesuai dengan kapasitas pendinginan dari sistem AC mobil.

Air Conditioner atau alat pengkondisi udara termasuk jenis mesin yang bekerja untuk mengikuti siklus termodinamika pada pengkondisian udara atau *airconditioner* pada mobil penumpang, biasanya dipakai untuk mengontrol suhu kelembaban sehingga udara tetap segar dan bersih. Sumber utama beban pendingin adalah dari radiasi matahari langsung dan juga dari orang-orang yang mengendarai atau menumpang. Beban pendinginan pada sebuah AC mobil merupakan jumlah dari laju perpindahan kalor yang berasal dari berbagai sumber antara lain, perpindahan kalor melalui dinding dan pintu, perpindahan kalor melalui kaca depan, kaca-kaca pintu maupun jendela, perpindahan kalor melalui atap, perpindahan kalor melalui lantai, kalor yang dilepas oleh penumpang, dan kalor radiasi surya

Beban pendinginan tersebut akan mempengaruhi pendekatan perhitungan maka dilakukan penyederhanaan geometri maupun ukuran. Selain itu asumsi-asumsi yang diambil antara lain: kondisi ruangan, kondisi udara luar, jumlah penumpang, koefisien perpindahan kalor konveksi di luar mobil, koefisien perpindahan kalor konveksi dalam ruang, kaca, dinding dan atap. Dengan demikian peneliti akan mengangkat permasalahan tentang analisis sistem pengkondisian udara AC terhadap beban pendingin pada mobil Daihatsu Feroza. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan dasar perkiraan beban termal pada kendaraan kabin. Meskipun model estimasi beban lainnya ada seperti yang disebutkan di atas, penekanan utama dari penelitian ini adalah untuk memahami perubahan dinamis pada beban AC yang terjadi pada kendaraan pada umumnya. Hasil penelitian ini dapat digunakan oleh para stakeholder sebagai referensi untuk merancang sistem AC mobil yang lebih efisien.

Suatu model khusus dikalibrasi untuk kendaraan apapun yang dapat diimplementasikan untuk membuktikan prediksi yang akurat dari beban panas mendatang variasi dalam berbagai mengemudi dan kondisi lingkungan. Seperti tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menciptakan sebuah *platform* untuk kontrol *real-time* dari sistem AC, termasuk kompresor AC, perputaran panas, *temperature* kursi penumpang dan jendela kaca, untuk mencapai efisiensi bahan bakar yang superior dan kenyamanan bagi penumpang.

2. **Rumusan Masalah.**

Permasalahan yang dibahas penulis dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Bagaimana memperhitungkan geometri mobil maupun ukuran agar diperoleh pendekatan beban pendinginan yang maksimal?
- b. Berapa besar jumlah laju perpindahan kalor dari berbagai sumber yang berpengaruh pada beban pendinginan yang terjadi dalam kabin kendaraan?

3. **Batasan Masalah.**

Untuk mendapatkan hasil dari pembahasan, maka penulis perlu membatasi masalah yang akan dibahas, adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Mobil yang diteliti (Daihatsu Feroza) dengan 6 orang penumpang.
- b. Geometri, ukuran bentuk mobil disederhanakan dengan bentuk ruang yang mudah di hitung volumenya.

c. Intensitas radiasi surya diperhitungkan pada bulan dengan intensitas radiasi tertinggi.

4. **Tujuan Penelitian.**

Adapun tujuan penelitian dengan judul Perencanaan beban pendinginan sistem pengkondisian udara pada mobil Daihatsu Feroza sebagai berikut:

- a. Untuk menganalisa pengaruh geometri ukuran bentuk mobil dengan bentuk ruang terhadap beban pendinginan.
- b. Untuk mengetahui kinerja sistem AC dengan variasi jumlah penumpang di dalam mobil.

5. **Manfaat Penelitian.**

Adapun manfaat penelitian dengan judul Perencanaan beban pendinginan sistem pengkondisian udara pada mobil Daihatsu Feroza sebagai berikut:

- a. Dapat memberikan penjelasan mengenai perhitungan pembebanan pada *system* pendinginan.
- b. Dapat memahami fungsi dari perubahan geometri ukuran, bentuk mobil serta intensitas radiasi yang dirasakan.

BAB II LANDASAN TEORI

6. Umum.

Kendaraan Daihatsu Feroza adalah mobil jenis MPV (mobil keluarga) yang dikeluarkan tahun 1995 sampai sekarang menggunakan bahan bakar bensin membuat mobil ini cukup tangguh bekerja dalam waktu yang lama/perjalanan jauh. Daihatsu Feroza termasuk mobil yang sangat digemari dari awal keluar sampai sekarang meskipun harga mobil ini tidak bisa dibilang sederhana mampu mesin dan konsumsi bahan bakar yang irit membuat banyak orang terutama yang membutuhkan mobil pekerja memilih panther sebagai alat transportasinya yang mana mobil bensin tidak akan mampu melakukan kerja-kerja mobil diesel (misalnya untuk perjalanan panjang sampai berhari-hari). Karakter mesin Daihatsu Feroza mirip dengan mesin bus yang tahan lama dan sangat kuat bekerja, akan tetapi memang memiliki kelemahan pada percepatan dari kecepatan 0 menuju *top speed* selain itu juga suara yang di hasilkan relatif berisik karena menggunakan mesin bensin ditambah getarannya masih terlalu besar.

Pada penelitian ini membahas tentang banyaknya kalor yang di terima oleh mobil pada Daihatsu Feroza dari berbagai faktor, mobil Daihatsu Feroza adalah salah satu mobil keluarga berjenis *Multi Purpose Vehicle (MPV)* yang bermesin bensin. Yang cukup populer di Indonesia pada tahun 90an hingga awal 2000an, dan bersaing ketat dengan jenis yang lain. Daihatsu Feroza memiliki kelebihan yaitu mampu mengangkut banyak penumpang dan barang, untuk kapasitas penumpang saja mampu diisi 6 orang termasuk supir, jadi cukup cocok dengan karakter orang Indonesia yang suka bepergian dengan keluarganya. Dan mobil Daihatsu Feroza ini didesain cocok dengan iklim dan tipografi Indonesia sehingga mobil ini cukup mampu bertahan hingga sekarang.

Refrigerasi mulai muncul pada awal abad ke Mechanics Journal oleh penulis anonim. Paten pertama mesin refrigerasi tercatat nama Thomas Harris dan John Long yang dipublikasikan di Great Britain pada tahun 1790. Siklus refrigerasi merupakan kebalikan dari siklus *carnot* yang membutuhkan kerja untuk memindahkan kalor dari memiliki temperatur lebih tinggi. Sistem refrigerasi ini sering dimanfaatkan untuk mengkondisikan udara dalam suatu ruangan tertentu, seperti ruang kantor, atau ruang penyimpanan barang. Selain berfungsi sebagai pengkondisi udara manfaat lain bisa dirasakan selama bertahun pada berbagai pengkondisi udara manfaat lain bisa dirasakan selama bertahun pada

berbagai bidang industri seperti industri manufaktur, industri perminyakan, industri kimia, dan industri pangan. Refrigeran adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. Refrigeran merupakan komponen terpenting siklus refrigerasi karena fluida tersebut yang menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin refrigerasi. ASHRAE, (2009) mendefinisikan refrigeran sebagai fluida kerja di dalam mesin refrigerasi, pengkondisian udara, dan sistem pompa kalor. Refrigeran menyerap panas dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi yang lain, biasanya melalui mekanisme evaporasi dan kondensasi.

Rasti pada tahun 2012 melakukan penyelidikan eksperimental mengganti R134a dengan R436A (campuran R290 dan R600a dengan rasio massa 56/44) dalam 238 L evaporator tunggal *refrigerator* domestik tanpa modifikasi dalam siklus pendinginan. Serta dilanjutkan pada tahun 2013 melakukan studi kelayakan substitusi dari dua refrigeran hidrokarbon pengganti R134a dalam sistem pendingin domestik. Percobaan dirancang pada *refrigerator* yang diproduksi untuk pengisian 105g R134a. Parameter yang digunakan jenis refrigeran, pengisian refrigeran dan jenis kompresor. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan R436A (campuran 46% iso-butana dan propana 54%) dan R600a (murni iso-butana) sebagai refrigeran hidrokarbon. Kompresor jenis HFC (dirancang untuk R134a) dan tipe kompresor HC (dirancang untuk R600a). Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk jenis kompresor HFC, isi refrigeran optimum pada 60g dan 55g untuk R436A dan R600a. Konsumsi energi R436A dan R600a pada pengisian optimum berkurang sekitar 14% dan 7%, dibandingkan dengan R134a. Di sisi lain, bila menggunakan jenis kompresor HC, isi refrigeran R436A dan R600a optimal pada 50 g, dan konsumsi energi R436A dan R600a pada pengisian optimum berkurang sekitar 14,6% dan 18,7%.

Prinsip terjadinya suatu pendinginan didalam sistem refrigerasi adalah penyerapan kalor oleh suatu zat pendingin yang dinamakan *refrigerant*. Karena kalor dalam udara yang berada di sekeliling *refrigerant* diserap, akibatnya *refrigerant* akan menguap, sehingga temperatur udara akan bertambah dingin. Hal ini dapat terjadi mengingat penguapan memerlukan kalor. Dalam suatu alat pendingin, kalor diserap di evaporator dan dibuang ke kondensor. Uap *refrigerant* yang berasal dari evaporator yang bertekanan dan bertemperatur rendah masuk ke kompresor melalui saluran hisap. Di kompresor, uap *refrigerant* tersebut dimampatkan, sehingga ketika keluar dari kompresor, uap *refrigerant* akan bertekanan dan bersuhu tinggi, jauh lebih tinggi dibanding temperatur udara sekitar.

Kemudian uap menuju ke kondensor. Di kondensor, uap *refrigerant* tersebut akan melepaskan kalor, sehingga akan berubah fasa dari uap menjadi cair (terkondensasi) dan

selanjutnya *refrigerant* cair tersebut terkumpul di penampungan cairan *refrigerant*. Cairan *refrigerant* yang bertekanan tinggi mengalir dari penampung *refrigerant* ke katup ekspansi. Keluar dari katup ekspansi, tekanan menjadi sangat berkurang dan akibatnya cairan *refrigerant* bersuhu sangat rendah. Pada saat itulah *refrigerant* itu mulai menguap yaitu di evaporator, dengan menyerap kalor untuk mengawetkan bahan makanan atau mendinginkan ruangan. Kemudian uap *refrigerant* akan dihisap oleh kompresor dan demikian seterusnya proses-proses tersebut berulang kembali. (Suyitno, 2010).

Sistem daur kompresi uap merupakan daur yang banyak digunakan dalam refrigerasi. Pada daur ini uap ditekan, dan kemudian diembunkan menjadi cairan, kemudian tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali.

Persyaratan refrigeran yang baik untuk unit refrigerasi adalah

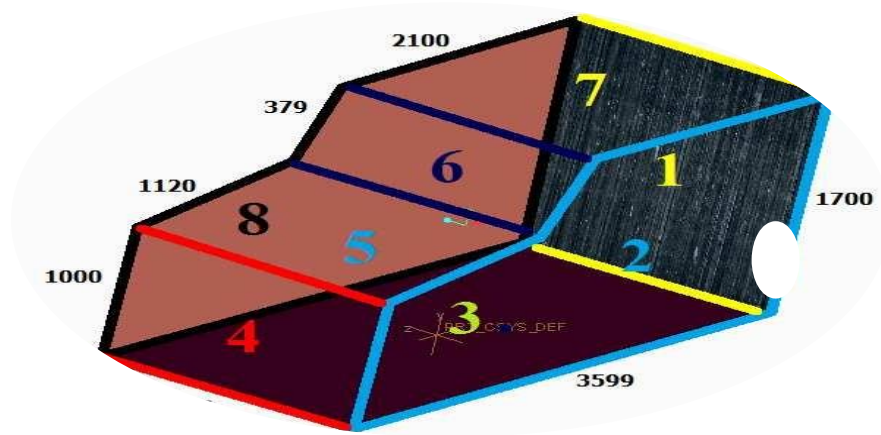
- a. Tidak beracun, berwarna dan berbau.
- b. Bukan termasuk bahan yang mudah terbakar.
- c. Tidak menyebabkan korosi pada material.
- d. Dapat bercampur dengan minyak pelumas kompresor.
- e. Memiliki struktur kimia yang stabil.
- f. Memiliki titik didih yang rendah.
- g. Memiliki tekanan kondensasi yang rendah.
- h. Memiliki tingkat penguapan yang rendah.
- i. Memiliki kalor laten yang rendah
- j. Memiliki harga yang relatif murah dan mudah diperoleh.

Refrigerasi adalah metode pengkondisian temperatur ruangan agar tetap berada di bawah temperatur digunakan dalam proses pendinginan suatu fluida sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang diinginkan, dengan jalan menyerap panas dari suatu reservoir dingin dan diberikan ke suatu reservoir panas. Komponen utama dari sistem refrigerasi adalah kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator.

7. **Beban Pendinginan.**

Untuk mempermudah dalam mempelajari geometri kabin pada kendaraan maka diilustrasikan susunan dalam kabin seperti pada gambar 2.1 dimana dapat diketahui mengenai luas lantai, luas atap, luas pintu samping kanan maupun kiri, berdasarkan hasil pengamatan dari bentuk geometri mobil dinas tersebut dengan mengetahui luas untuk susunan geometrinya itu akan memudahkan dalam menghitung besarnya beban pendinginan yang diserap oleh kabin kendaraan dengan tetap memperhatikan setiap faktor

yang mendukung dalam mempengaruhi kinerja dari system pendinginan yang ada dalam kabin mobil dinas yang kita amati.



Gambar 2.1 Geometri kabin

Tabel 2.1 *Material Properties*

<i>Property (bahan)</i>	<i>Glass (kaca)</i>	<i>Vehicle body (badan ran)</i>
Konduktifitas(W/mK)	1.05	0.2
Kepadatan(Kg/m ³)	2500	1500
Transmisitas	0.5	0
Penyerapan	0.3	0.4
Panas <i>specific</i> (J/kgK)	840	1000
Ketebalan (mm)	3	10

a. **Beban Kalor dari Luar Ruangan (*Outdoor Load*).**

1) Beban Kalor dari Sinar Matahari Melalui Kaca Jendela. Beban kalor dari sinar matahari secara langsung, terjadi karena proses penyerapan dan transmisi sinar matahari kedalam ruangan yang dikondisikan melalui kaca. Persamaan yang digunakan adalah (Stoecker WF - Jerold W Jones, 1989, hal 7)

$$Q_{rad kaca} = SHGF_{max} \times Sc \times A \times CLF$$

Dimana:

$Q_{rad kaca}$ = Efek radiasi matahari melewati kaca (w)

$SHGF_{max}$ = Faktor perolehan kalor matahari kaca (w/m)

Sc = *Shading Coefficient* (koefisien peneduh)

A = Luas penampang (m^2)

2) Beban Kalor dari Sinar Matahari Melalui Dinding atau Atap Laju perpindahan kalor melalui dinding atau atap dinyatakan dengan persamaan (*Heating and Cooling of Buildings*, Jan F.Kreider - Ari Rabl, hal 313)

Untuk bahan konduksi adalah:

$$Q_{kond} = U \times A \times (T_o - T_i)$$

Dimana:

Q_{kond} = Efek radiasi matahari melewati kaca (w)

U = Koefisien transfer kalor ($w / m^2 K$)

T_o = Temperatur luar kabin (K)

T_i = Temperatur dalam kabin (K)

b) **Beban Kalor dari dalam ruangan (*Indoor Load*).**

Terjadinya peningkatan panas sensibel dan laten pada suatu ruangan dapat disebabkan oleh faktor internal dari ruangan tersebut. Faktor internal tersebut meliputi:

Beban Kalor dari Penghuni Ruangan

Kalor yang dikeluarkan akibat dari metabolisme tubuh manusia dipengaruhi oleh aktifitas manusia dan temperatur ruang tersebut. Besarnya beban kalor ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini (*Stoecker WF dan Jerold W Jones, 1982 : 69*)

$$Q_s = \text{perolehan kalor perorangan} \times \text{jumlah orang} \times \text{CLF}$$

dengan : Perolehan kalor dari penghuni (W)

$$Q_{\text{sensibel}} = Q \times n \times \text{CLF}$$

CLF = Faktor - faktor beban perolehan kalor sensibel dari orang. Untuk penghuni beban laten, CLF dapat dianggap 1,0.

c) **Beban kalor keseluruhan**

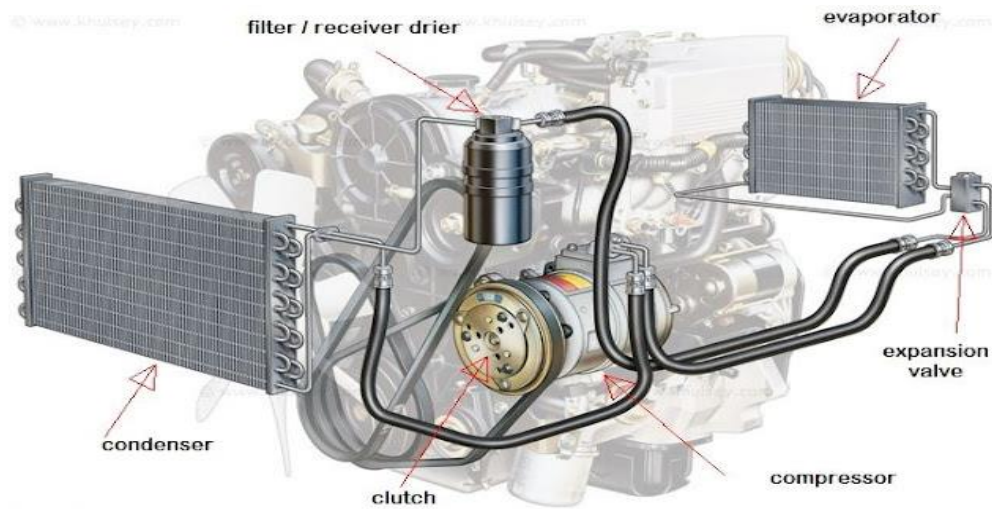
Jumlah keseluruhan kalor yang terjadi pada kabin kendaraan mobil Daihatsu Feroza dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Beban Kalor Total = Q evaporator

$$Q_{\text{evap}} = Q_{\text{sensibel}} + Q_{\text{radkaca}} + Q_{\text{kond}}$$

8. Pengembangan model dan prosedur perhitungan beban pendinginan.

Untuk mengetahui beban pendinginan yang berada dalam kabin kendaraan harus mengetahui faktor yang mempengaruhinya.



Gambar 2.2 Skema Beban Pendinginan pada Kendaraan

Pada gambar 2.2 merupakan gambar yang di ilustrasikan dimana beberapa faktor yang ikut berperan dan mempengaruhi besarnya beban pendinginan yang ada di dalam kabin mobil, berikut merupakan rumus yang di gunakan dalam prosedur penghitungan energi *thermal* yang ada pada kabin kendaraan:

$$Q_{tot} = Q_{met} + Q_{dir} + Q_{dif} + Q_{ref} + Q_{amb} + Q_{exh} + Q_{eng} + Q_{ven} + Q_{ac}$$

Dimana jumlah total energi yang di serap oleh kendaraan tersebut adalah jumlah panas dari keseluruhan yang berada dalam kabin kendaraan energy tersebut berasal dari Q_{met} yaitu energi metabolic yang di serap kendaraan, Q_{dir} yaitu panas yang diserap langsung, Q_{dif} yaitu energy yang membaaur dengan lapisan kendaraan, Q_{ref} yaitu beban pantulan panas yang di terima, Q_{amb} yaitu energi ambien, Q_{exh} yaitu panas dari knalpot kendaraan, Q_{eng} yaitu energi panas yang berasal dari mesin kendaraan, Q_{ven} yaitu beban panas pada ventilasi dan untuk Q_{ac} beban panas yang di ciptakan oleh siklus AC. Setiap beban panas di hitung dengan asumsi kondisi *steady_state*, *load* di perhitungkan pada setiap periode waktu dan pada setiap langkah, semua komponen beban yang menyertainya, serta temperatur kabin dan elemen permukaan di perhitungkan sebagai berikut:

$$\Delta T_i = \frac{Q_{tot}}{m_a c_a} \Delta t$$

$$\Delta T_s = \frac{Q_s}{m_s c_s} \Delta t$$

Dimana T_i dan T_s adalah perubahan dalam kabin dan elemen permukaan suhu pada saat langkah saat ini. DTM adalah jumlah dari semuamassa termal dalam yaitu inersia termal keseluruhan dari semua benda selain itu hadir udara di dalam kabin. Objek ini mencakup struktur kursi, dasbor, komponen dashbord yang di kombinasikan dengan udara di dalam kabin. Berikut akan dijelaskan secara rinci mengenai bagaimana perhitungan *load thermal* terjadi pada kabin kendaraan.

a. **Beban Metabolik.**

Kegiatan metabolik dalam kabin kendaraan terus – menerus menciptakan panas dan kelembaban (yaitu keringat). Panas ini melewati jaringan tubuh dan akhirnya dirilis ke udara kabin. Jumlah ini dianggap sebagai keuntungan panas dengan udara kabin dan disebut beban metabolik. Beban metabolik dapat dihitung dengan:

$$Q_{met} = \sum \text{passengers } M A_{DU}$$

Di mana M adalah tingkat produksi panas metabolisme penumpang. Hal ini ditemukan dari nilai – nilai berdasarkan berbagai kriteria seperti pekerjaan dan tingkat aktivitas. Untuk driver dan penumpang duduk, nilai-nilai dapat diperkirakan sebagai, masing-masing 85 W / m^2 dan 55 W / m^2 . Dubois daerah A_{DU} , yang merupakan estimasi dari luas permukaan tubuh sebagai fungsi dari tinggi dan berat badan, dihitung dengan

$$A_{DU} = 0,202 W^{0,425} H^{0,725}$$

dengan W dan H adalah berat dan tinggi penumpang dalam kabin.

b. **Beban Radiasi.**

Keuntungan panas karena radiasi matahari adalah bagian penting dari beban pendinginan yang dihadapi dalam kendaraan, beban panas radiasi matahari dapat dikategorikan dalam langsung, menyebar, dan tercermin beban radiasi. Radiasi langsung adalah bagian dari insiden radiasi matahari yang langsung menyerang permukaan tubuh kendaraan, yang dihitung dari:

$$Q_{dir} = \sum \text{surfaces } S \tau_i D_{if}$$

Dimana I_{dir} adalah suatu keuntungan dalam panas radiasi langsung persatuan luas dan θ adalah sudut antara permukaan normal dan posisi matahari dilangit. τ adalah keterusan elemen permukaan dan S adalah luas permukaan, masing-masing. Sebelum matahari terbit lokal dan setelah matahari terbenam lokal, hanya ada beban radiasi dianggap panas radiasi langsung gain per satuan luas ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\exp\left(\frac{A}{B \sin \beta}\right)$$

Dimana A dan B adalah sudut ketinggian yang dihitung berdasarkan posisi dan waktu. Radiasi difus adalah bagian dari radiasi matahari yang dihasilkan dari radiasi tidak langsung hari di permukaan. Selama hari berawan, sebagian besar radiasi surya diterima dari radiasi baur ini. Radiasi ini difus sebagai berikut:

$$Q_{Dif} = \sum \text{surfaces } S \tau_{iDif}$$

Demikian pula, adalah keuntungan panas radiasi difus per satuan luas yang dihitung dari:

$$i_{Dif} = C i_{Dir} \frac{1 + \cos \Sigma}{2}$$

di mana Σ adalah sudut kemiringan permukaan diukur dari permukaan horizontal dan nilai untuk C ditabulasikan dalam radiasi, radiasi mengacu pada bagian dari radiasi keuntungan panas yang tercermin dari tanah dan menyerang permukaan tubuh kendaraan. Radiasi yang dipantulkan dihitung dengan:

$$Q_{ref} = \sum \text{surfaces } S \tau_{ref}$$

I_{ref} adalah keuntungan panas tercermin radiasi per satuan luas, dihitung dari:

$$i_{Ref} = (i_{Dir} + i_{Dif}) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2}$$

Dimana ρ_g adalah koefisien dasar reflektifitas. Berdasarkan *absorptivitas* setiap particular elemen permukaan, persentase dari beban radiasi insiden dapat diserap oleh permukaan itu, maka semakin meningkatkan suhu. Net menyerap panas dari setiap permukaan unsur karena radiasi sehingga dapat ditulis sebagai:

$$Q_{s rad} = S \alpha (i_{Dir} \cos \theta + i_{Dif} + i_{Ref})$$

Dimana α adalah absorptivitas permukaan.

c. **Beban ambien.**

Beban ambien adalah kontribusi dari beban termal dipindahkan ke udara kabin karena perbedaan suhu antara udara ambien dan kabin Konveksi eksterior, konduksi melalui panel bodi, interior dan konveksi terlibat dalam total transfer panas antara *ambien* dan kabin menunjukkan bentuk umum dari model beban *ambien*.

$$Q_{amb} = \sum_{surfaces} SU(T_s - T_i)$$

Dimana U adalah koefisien perpindahan panas keseluruhan elemen permukaan. T_s dan T_i adalah suhu permukaan rata-rata dan suhu kabin rata, masing – masing. U memiliki komponen yang berbeda yang terdiri dari bagian dalam konveksi, konduksi melalui permukaan, dan di luar konveksi. Hal ini dapat ditulis dalam bentuk:

$$U = \frac{1}{R} \text{ dimana } R = \frac{1}{h_o} + \frac{\lambda}{k} + \frac{1}{h_i}$$

Dimana R adalah resistansi termal bersih untuk luas permukaan satuan. h_o dan h_i berada di luar dan di dalam koefisien konveksi, k adalah konduktivitas termal permukaan, dan λ adalah ketebalan elemen permukaan. Konduktivitas termal dan ketebalan permukaan kendaraan dapat diukur lebih mudah. Koefisien konveksi h_o dan h_i tergantung pada orientasi permukaan dan kecepatan udara. Di sini estimasi berikut digunakan untuk memperkirakan koefisien perpindahan panas konveksi sebagai fungsi kecepatan kendaraan.

$$h = 0,6 + 6,64\sqrt{V}$$

Dimana h adalah konveksi panas koefisien perpindahan di $W / m^2 K$ dan V adalah kecepatan kendaraan dalam m/s. Meskipun sederhana, ini korelasi berlaku di semua kasus otomotif praktis. Cabin udara diasumsikan kecepatan udara ambien stasioner dan dianggap sama dengan kecepatan kendaraan. Simulasi numerik juga dapat digunakan untuk menyediakan model dengan konveksi koefisiensi yang memiliki akurasi yang lebih tinggi dan mengambil mempertimbangkan orientasi dan posisi setiap permukaan yang berbeda komponen. Serupa dengan beban radiasi di atas, portio sebuah dari beban *ambien* di seluruh permukaan tubuh diserap oleh mater plat tubuhial. Keuntungan atau kerugian panas dari setiap elemen permukaan adalah perbedaan antara panas yang diperoleh dari lingkungan dengan permukaan, dan panas yang dilepaskan ke kabin dengan permukaan. Jadi kita bisa menulis net diserap panas sebagai:

$$Q_{s \text{ amb}} = SU(T_o - T_s) - SU(T_s - T_i) \\ = SU(T_o - 2T_s + T_i)$$

di mana T_o, T_i, T_s adalah *ambien*, kabin, dan permukaan suhu rata-rata, masing-masing.

d. **Exhaust Beban.**

Kendaraan listrik konvensional dan *hybrid* memiliki internal *Combustion Engine* (ICE) yang menciptakan gas buang. Suhu *Exhaust Gas* (EGT) dapat mencapai setinggi 1000°C. Karena suhu tinggi gas buang, sebagian panas yang dapat ditransfer ke kabin melalui lantai kabin. Mengingat S_{exh} sebagai daerah permukaan bawah kontak dengan pipa knalpot, beban pembuangan panas memasuki kabin dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q_{exh} = S_{exh} U (T_{exh} - T_i)$$

Dimana U adalah koefisien perpindahan panas keseluruhan elemen permukaan kontak dengan pipa knalpot dan harus dihitung dengan asumsi tidak ada konveksi eksternal karena suhu gas buang diukur pada sisi luar permukaan bawah. S_{exh} adalah luas permukaan terkena suhu pipa knalpot dan T_{exh} adalah suhu gas buang.

$$T_{exh} = 0,138 \text{ RPM} - 17$$

di mana RPM adalah kecepatan mesin di putaran per menit

e. **Beban mesin.**

Serupa dengan beban knalpot di atas, mesin suhu tinggi dari mobil konvensional atau *hybrid* juga dapat berkontribusi untuk keuntungan termal dari kabin. Persamaan tersebut menunjukkan formulasi yang digunakan untuk menghitung beban termal mesin.

$$Q_{eng} = S_{eng} U (T_{eng} - T_i)$$

Dimana U adalah koefisien perpindahan panas keseluruhan elemen permukaan kontak dengan mesin dan S_{eng} adalah luas permukaan terkena suhu mesin. Keseluruhan koefisien perpindahan panas dapat dihitung dengan Persamaan. dengan asumsi tidak ada konveksi eksternal, karena suhu mesin diukur pada bagian luar permukaan depan.

$$T_{eng} = -2 \times 10^{-6} \text{ RPM}^2 + 0,0355 \text{ RPM} + 77,5$$

f. **Beban Pada Ventilasi.**

Udara segar dapat memasuki kabin kendaraan untuk menjaga kualitas udara untuk penumpang. Sebagai manusia pasti bernapas, jumlah konsentrasi CO₂ meningkat secara linear dari waktu ke waktu. Dengan demikian, aliran minimum udara segar harus dipasok ke dalam kabin untuk menjaga kenyamanan penumpang. persyaratan udara segar minimum untuk nomor yang berbeda dari penumpang dalam kendaraan khas. Misalnya, minimal 13% udara segar yang dibutuhkan untuk satu penumpang. Disisi lain melaporkan kebocoran udara dari jenis kendaraan yang berbeda. Mereka menunjukkan bahwa untuk kendaraan khas, kebocoran terjadi sebagai fungsi dari perbedaan tekanan antara kabin dan lingkungan serta kecepatan kendaraan. Untuk mobil sedan kecil pada perbedaan tekanan 10 Pa, kebocoran 0,02 m³ / s. Karena AC dan ventilasi, tekanan kabin biasanya sedikit lebih tinggi dari ambien. Dengan demikian, beban ventilasi harus mengambil laju aliran udara kebocoran ke rekening. Sementara itu, dalam operasi mapan, tekanan *built-up* diasumsikan tetap konstan. Oleh karena itu, udara ambien diasumsikan masuk kabin pada suhu dan kelembaban relatif, dan laju aliran yang sama diasumsikan untuk meninggalkan kabin pada suhu kabin dan kelembaban relatif.

$$Q_{ven} = \dot{m}_{ven} (e_o - e_i)$$

di mana \dot{m}_{ven} adalah laju aliran massa ventilasi dan e_o dan e_i adalah *ambien* dan kabin entalpi masing-masing. entalpi adalah dihitung dari $e = 1006T + (2,501 \times 10^6 \times 1770T)X$

Dimana T adalah suhu udara dan X adalah rasio kelembaban di gram air per gram udara kering. Rasio kelembaban dihitung sebagai fungsi kelembaban relatif dengan rumus:

$$X = 0,62198 \frac{\phi P_s}{100 P - \phi P_s}$$

Dimana ϕ adalah kelembaban relatif, P adalah tekanan udara, dan P_s adalah tekanan saturasi air pada suhu T.

g. **Beban AC.**

Tugas dari sistem pendingin udara adalah untuk mengimbangi beban termal lainnya sehingga pada suhu kabin tetap dalam kisaran kenyamanan diterima. Dalam kondisi cuaca dingin, beban AC positif (pemanasan) diperlukan untuk kabin.

Terbalik, dalam kondisi hangat, beban AC negatif (pendingin) yang diperlukan untuk menjaga kondisi kenyamanan.

Beban yang sebenarnya diciptakan oleh sistem AC tergantung pada parameter sistem dan kondisi kerja. Dalam karya ini, diasumsikan bahwa (atau pompa panas) siklus AC menyediakan beban termal dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{ac} = - (Q_{met} + Q_{dir} + Q_{def} + Q_{ref} + Q_{amb} + Q_{exh} + Q_{eng} + Q_{ven}) - (m_a c_d + DTM)(T_i - T_{comf}) / T_c$$

T_{comf} adalah suhu kenyamanan sasaran seperti yang dijelaskan. Ini adalah target suhu kabin massal yang diasumsikan nyaman pada kondisi di bawah pertimbangan. t_c adalah *pull-down* konstan yang menentukan keseluruhan waktu *pull-down*. *Pull-down* waktu didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk suhu kabin untuk mencapai suhu kenyamanan dalam 1 K. Menggunakan Persamaan.

Untuk beban AC, konstanta *pull-down* dapat dihitung dari:

$$t_c = \frac{1}{\ln(T_0 - T_{comf})}$$

Dimana T_0 adalah suhu kabin awal Tentu saja, beban AC yang sebenarnya tergantung pada ukuran dan desain sistem. Untuk sistem tertentu, beban dapat berubah tergantung pada beban pendinginan dan kecepatan kipas juga.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

9. Langkah – langkah Perancangan.

Pada rancangan perencanaan ini digunakan metodologi perancangan perpindahan panas yaitu dengan mengamati besarnya perpindahan kalor dari luar ruangan (*outdoor load*) dimana dalam hal ini terdapat dua sumber yaitu besarnya beban kalor yang masuk melalui kaca jendela dan besarnya beban kalor yang melalui dinding dan atap kendaraan adapun yang berikutnya adalah dengan mengamati besarnya kalor yang berada didalam ruangan kabinya itu beban kalor yang berasal dari penghuni ruangan kabin mobil.

a. Dari data – data yang kami dapat dari uji prestasi ini maka akan diketahui bagaimana memperhitungkan geometri mobil maupun ukuran agar diperoleh pendekatan beban pendinginan yang maksimal serta berapa besarnya laju perpindahan kalor dari berbagai sumber yang berpengaruh pada beban pendinginan. Sehingga dapat menghemat sistem kerja *Air Conditioner (AC)* pada mobil dinas militer TNI – AD jenis Daihatsu Feroza.

b. Kita juga akan memperoleh hasil mengenai besarnya jumlah perpindahan kalor yang berasal dari berbagai sumber yang berpengaruh pada beban pendinginan yang terjadi di dalam kabin kendaraan tersebut.

Pengolahan data menggunakan perhitungan – perhitungan *thermal load*, kemudian dibuat sebuah data yang memaparkan mengenai hasil beban pendinginan maksimal pada kabin kendaraan sehingga akan terlihat hasil dari data yang di peroleh besarnya beban yang ada dalam kabin kendaraan dinas tersebut, apakah besarnya beban pendinginan yang terjadi dalam kabin masih mampu di atasi oleh kinerja sistem pendinginan dalam kabin mobil tersebut yang terjadi pada sistem kerja *Air Conditioner (AC)* pada mobil dinas militer TNI – AD.

10. Peralatan dan Bahan.

Uji *cooling load* terhadap sistem kinerja AC untuk mengetahui hasil dari kapasitas beban pendinginan yang mampu di atasi oleh kinerja system pendinginan di dalam kabin kendaraan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kenyamanan mengenai pengkondisian udara yang ada di dalam kabin kendaraan tersebut. Perencanaan perancangan ini dilakukan untuk mengetahui geometri bentuk serta ukuran agar diperoleh pendekatan beban pendinginan maksimal (*cooling load*) sistem AC dengan memperhatikan faktor – faktor yang mempengaruhinya.

Berikut adalah peralatan yang digunakan selama pelaksanaan rancangan perencanaan geometri mobil maupun ukuran agar kita mendapatkan besarnya jumlah

perpindahan kalor yang mempengaruhi beban pendinginan pada kabin kendaraan tersebut.

a. **Meteran.**



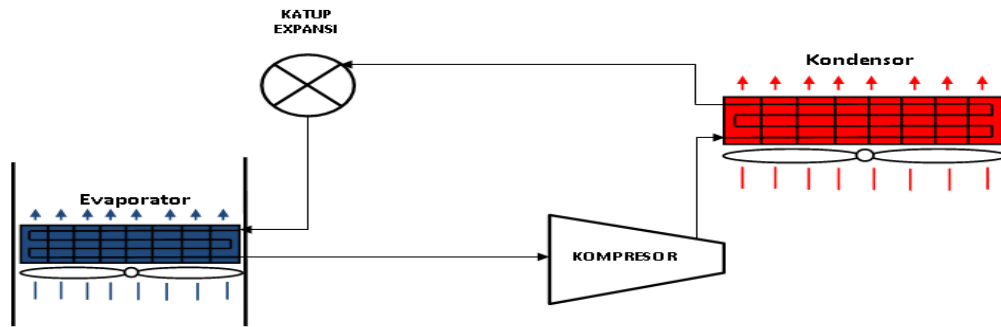
Gambar 3.1 alat ukur meteran panjang

Gambar 3.1 merupakan salah satu dari beberapa variasi alat ukur yang kerap digunakan oleh insinyur maupun tukang bangunan untuk mengetahui besaran panjang dengan satuan cm ataupun m dari suatu objek benda yang hendak diamati satuan panjang atau luasnya, demikian pula dengan rancangan perencanaan mengenai geometri dan ukuran fisik mobil yang sedang amati, perlu kecermatan dalam melihat ukuran pasti angka yang tertera pada alat ukur meteran tersebut. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan dari mesin refrigerasi dengan pendingin udara, tetapi peralatan ini mempunyai kapasitas yang lebih kecil bila di bandingkan dengan ukuran sebenarnya. Alat dan bahan yang digunakan tersaji dalam tabel berikut :

Tabel 3.1. Peralatan dan Material Penelitian

No	Nama peralatan dan material penelitian	Fungsi dalam kegiatan penelitian
1	<i>Stand AC</i>	Media uji
2	<i>Thermometer</i>	Mengukur temperatur masuk keluar evaporator
3	<i>Flow meter</i>	Mengukur kecepatan udara masuk evaporator
4	<i>RH meter</i>	Mengukur kelembaban keluar evaporator
5	Refrigeran R134a	Bahan uji

Set up peralatan pengujian dalam penelitian ini tersaji dalam gambar berikut:



Gambar 3.2. Set up peralatan dan media uji

b. **Kompresor AC mobil**



Gambar 3.2 Kompresor dan puli AC mobil

Kompresor unit terdiri dari motor penggerak dan kompresor. Kompresor bertugas untuk menghisap dan menekan *refrigerant* dari evaporator sehingga *refrigerant* beredar dalam unit mesin pendingin. Sedangkan motor penggerak bertugas untuk mengatur kompresor tersebut dan kompresor ini juga digunakan untuk mengkompresikan refrigeran. (Ta'at,2001:11)

c. **Kondensor AC Mobil**



Gambar 3.3 Kondensor AC mobil

Kondensor adalah suatu alay yang digunakan untuk mengubah fasa media pendingin (*refrigerant*) dari fasa uap menjadi fasa cair. Kondensor berfungsi untuk melepas kalor refrigeran ke lingkungan. Dan kondensor yang paling banyak digunakan adalah penukar kalor jenis tabung dan pipa di dalam kondensor tabung banyak terdapat pipa – pipa pendingin dimana fluida mengalir dalam pipa tersebut. Ujung dan pangkal pipa tersebut terikat pada pelat pipa sedangkan diantara pelat pipa tersebut terpasang sekat-sekat, untuk membagi aliran fluida yang melalui pipa tersebut. Fluida pendingin masuk kondensor pada bagian bawah kemudian masuk dalam pipa pendingin dan keluar pada bagian bawah dalam fase zat cair menuju penampungan cairan *refrigerant*.

Keadaan yang ideal adalah jika tersedianya cukup air pendingin dengan temperatur rendah, udara sekitar sejuk dan memiliki kelembaban yang rendah, juga ada cukup angin mempercepat evaporasi dari titik pendingin. Ada dua tipe kondensor dalam mesin pendingin yaitu *water cooled condensor* dan *air cooled condensor*.

d. **Katup Ekspansi**



Gambar 3.4 Katup ekspansi

Katup ekspansi digunakan untuk mengekspansi secara adiabatik cairan *refrigerant* yang bertekanan dan bertemperatur tinggi samapi mencapai tingkat keadaan tekanan dan temperatur rendah. Selain itu, katup ekspansi juga mengatur pemasukan *refrigerant* sesuai dengan kebutuhan yang harus dilayani oleh evaporator. Katup ekspansi mengatur supaya evaporator selalu bekerja sehingga diperoleh efisiensi siklus refrigerasi yang maksimum.

e. **Evaporator AC Mobil**



Gambar 3.5 Evaporator AC mobil

Evaporator adalah alat yang digunakan untuk menukar kalor yang mana berperan penting di dalam siklus refrigerasi, yaitu mendinginkan media sekitarnya. Ada beberapa macam evaporator, sesuai dengan penggunaan dan bentuknya dapat berupa gas, cairan atau padatan. Evaporator yang mendidihkan *refrigerant* di dalam pipa disebut evaporator langsung (*direct evaporator*). Jadi Evaporator Berfungsi untuk menyerap panas atau untuk proses evaporasi.

f. **Pompa Vakum**

Pompa Vakum adalah sebuah alat untuk mengeluarkan molekul-molekul gas dari dalam sebuah ruangan tertutup untuk mencapai tekanan vakum. Dan pompa vakum berfungsi untuk mengisik refrigeran ke dalam sistem mesin pendingin.

g. **Refrigeran (R134A)**



Gambar 3.6 Refrigeran R-134a

Refrigeran adalah suatu media perpindahan panas (*heat transfer*) yang berfungsi menyerap panas di dalam evaporator yang bertemperatur rendah dan selanjutnya mengeluarkan panas ini pada kondensor yang mempunyai tekanan dan temperatur yang tinggi.

h. **Receiver dryer**



Gambar 3.7 Receiver dryer

Receiver adalah komponen yang digunakan untuk menyimpan atau menampung sementara cairan *refrigerant dryer* dan *filter* di dalam *receiver* akan menyerap air dan kotoran yang ada di dalam *refrigerant*.

i. **Thermostat**



Gambar 3.8 Thermostat

Thermostat mengatur siklus kerja dari kompresor tergantung dari udara yang keluar dari evaporator dan mengatur suhu ruang penumpang.

j. **Motor Penggerak .**



Gambar 3.9 Motor Penggerak

Pada alat peraga AC mobil ini penerus gerak dari motor listrik ke kompresor adalah puli sabuk. Dengan tujuan untuk mendekatkan alat peraga ini sesuai dengan kondisi sebenarnya.



Gambar 3.10 tampak samping fisik mobi Daihatsu Feroza



Gambar 3.11 Tampak samping kiri mobi Daihatsu Feroza

Kita dapat melihat fisik dari body mobil Daihatsu Feroza dilihat dari arah samping, dimana terlihat pada body kendaraan tersebut memiliki sejumlah kaca, pintu, maupun bangun geometri lain yang menunjang dalam perhitungan beban pendinginan. Pada bagian depan biasanya merupakan bagian yang mungkin menyumbang beban pendinginan yang lebih besar di bandingkan bagian belakang.

11. Perancangan.

Uji *cooling load* terhadap sistem kinerja AC untuk mengetahui besarnya jumlah beban pendinginan pada kabin kendaraan, Pengujian ini dilakukan dengan memperhatikan bentuk geometri dari kabin kendaraan dapat menghitung *cooling load* sistem AC dengan terlebih dahulu menghitung luas dari kendaraan dinas itu sendiri.

a. Persiapan Peralatan Uji.

Langkah-langkah persiapan yang dilakukan untuk mendapatkan data *cooling load* terhadap sistem kerja AC adalah sebagai berikut:

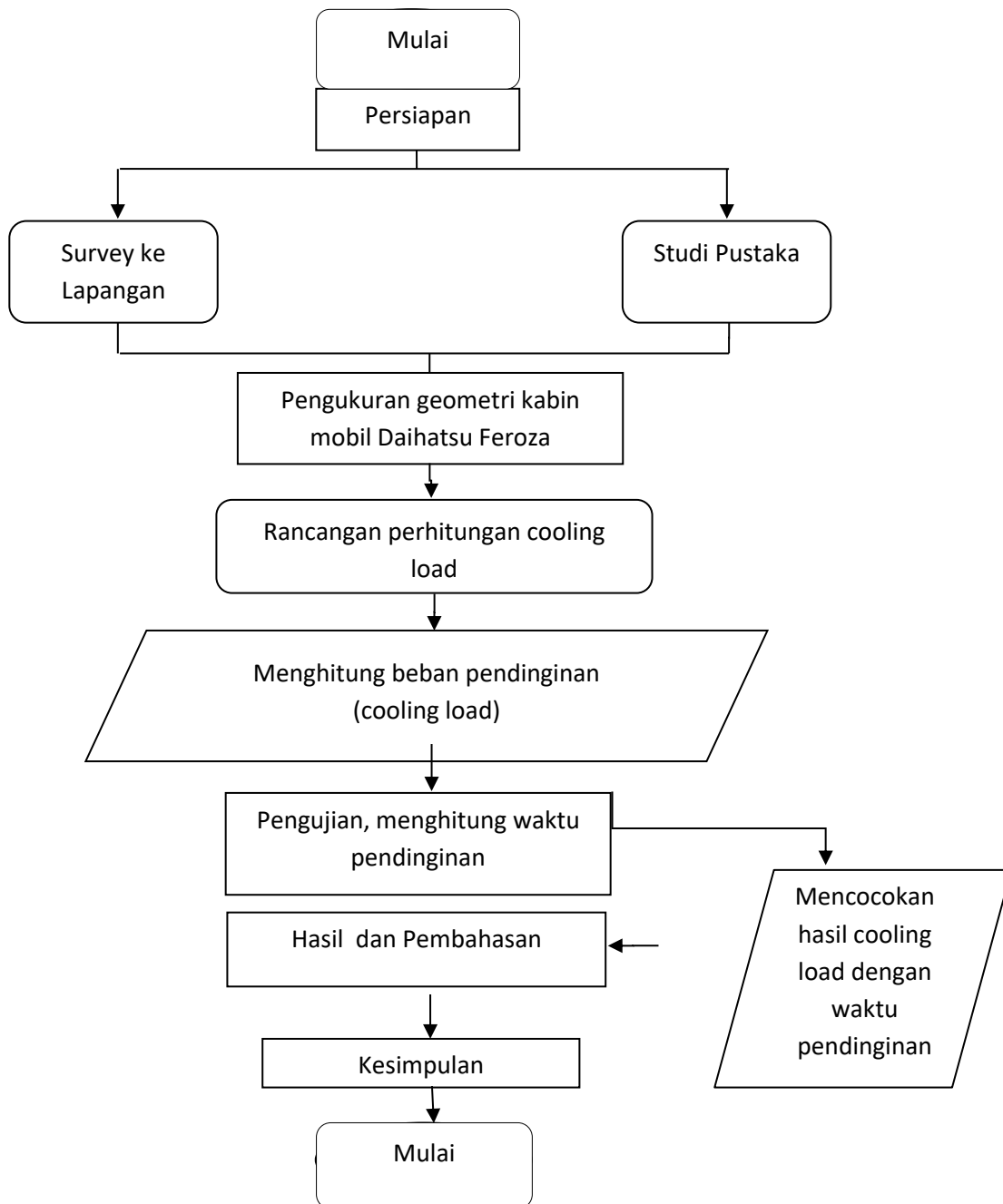
- 1) Melaksanakan tahap persiapan yang meliputi *survey* kelapangan untuk melihat kendaraan yang akan digunakan dalam pengamatan di samping itu juga dilakukan studi pustaka untuk di jadikan pedoman dalam pelaksanaannya.
- 2) Melaksanakan perencanaan penelitian yaitu merencanakan waktu tempat dan tujuan yang ingin di capai dalam penelitian di lanjutkan dengan membuat rancangan perhitungan *cooling load* yang kemudian dari hasil yang dapat dilakukan pengujian menghitung waktu pendinginan lalu mencocokkan hasil *cooling load* dengan waktu pendinginan.

b. Pelaksanaan Pengujian.

Setelah diperoleh data awal untuk besarnya laju perpindahan kalor dari berbagai sumber yang berpengaruh tersebut, maka dilanjutkan dengan pengambilan data untuk besarnya koefisien *thermal* yang ada di dalam kabin kendaraan. Sehingga perencanaan yang dilakukan sesuai dengan yang diharapkan. Tujuan rancangan perencanaan ini semata – mata untuk memberikan dasar untuk memperkirakan beban termal di kabin kendaraan. Hasil perhitungan beban, kapasitas pendinginan dapat dihitung sehingga memungkinkan untuk mengetahui besarnya beban pendinginan yang diperlukan.

12. Diagram Alir

Tahapan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada diagram di bawah ini:



Gambar 3.4 Diagram alir

BAB IV

DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

13. **Umum.** Pada perencanaan beban pendinginan untuk studi kasus perhitungan beban pendinginan AC mobil jenis Daihatsu Feroza perlu dibuat pemodelan yang sederhana memudahkan dalam perhitungan volume ruangan mobil. Bentuk mobil panther dan pemodelan ruangan seperti pada gambar:



Gambar 4.1 Tampak kaca depan samping belakang

14. Ukuran Chasis dan body Daihatsu Feroza.

Bentuk geometri bangun ruang yang perlu di amati dalam menghitung beban pendinginan dimana sebagian besarnya energy kalornya berasal dari radiasi matahari yang tereduksi secara langsung melalui kaca – kaca mobil.

Berdasarkan dari gambar 4.3 peroleh luas permukaan pada kaca mobil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas kaca depan} & A = p \times l = 138 \times 70 = 0,96 \text{ m}^2 \\ & A = \frac{(A+B) \cdot T}{2} = \frac{(41+83) \cdot 44}{2} = 0,27 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas kaca samping depan

$$\text{Luas kaca samping tengah} \quad A = p \times l = 70 \times 46 = 0,32 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas kaca samping belakang} \quad A = p \times l = 60 \times 46 = 0,27 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kaca belakang} \quad A &= (p \times l) + \frac{(A+B) \cdot T}{2} \\ &= (60 \times 46) + \frac{(21+13) \cdot 46}{2} = 0,34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Luas kaca samping kanan dan kiri} \quad A = 2(0,27 + 0,32 + 0,27) = 1,72 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas atap mobil} \quad A = p \times l = 212 \times 124 = 2,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas dinding belakang} \quad A = p \times l = 122 \times 117 = 1,4 \text{ m}^2$$

15. Perhitungan Beban Pendingin.

Beban pendinginan pada sebuah mobil adalah jumlah dari laju perpindahan kalor yang berasal dari berbagai sumber antara lain:

- Perpindahan kalor melalui dinding dan pintu
- Perpindahan kalor melalui kaca depan, kaca-kaca pintu.
- Perpindahan kalor melalui atap
- Perpindahan kalor melalui lantai
- Kalor yang dilepas oleh penumpang

Untuk pendekatan perhitungan maka dilakukan penyederhanaan geometri maupun ukuran. Selain itu asumsi – asumsi yang diambil antara lain:

- Kondisi ruangan :
 - Temperatur bola basah (T_{db}) : 24 °C,
 - Kelembaban relatif (RH) : 60 %
- Kondisi udara luar :
 - Temperatur bola basah (T_{db}) : 34 °C
 - Kelembaban relatif (RH) : 87 %
- Jumlah penumpang : 8 orang
- Koefisien perpindahan kalor konveksi di dalam ruang : 23W/(m²C)
- Koefisien perpindahan kalor konveksi di luar mobil : 10 W/(m²C)

- 6) Kaca.
- Tebal : 3 mm
 - Konduktivitas : 0,92 W/(m °C)
- 7) Dinding dan atap terdiri atas.
- Plat baja : tebal 1 mm, konduktivitas 60 W/(m °C)
 - Rongga udara : koefisien perpindahan kalor konveksi 7,2 W/(m²C)
 - Material interior: tebal 1 mm, konduktivitas 0,04 W/(m °C)
- 8) Lantaiterdiri atas :
- Plat baja : tebal 1 mm, konduktivitas 60 W/(m °C)
 - Karpet : tebal 1 cm, hambatan kalor 0,367 °C m²/W
- 9) Intensitas radiasi surya diperhitungkan pada bulan Oktober dengan intensitas radiasi yang sampai pada permukaan horizontal sebesar 1020 W/m², pada kaca jendela sebesar 371 W/m², dan pada kaca depan dengan kemiringan 31° sebesar 896 W/m².

16. Perhitungan faktor beban pendinginan.

a. Beban Kalor dari Luar Ruangan (*Outdoor Load*)

- 1) Beban kalor dari sinar matahari melalui kaca jendela. Beban kalor dari sinar matahari secara langsung, terjadi karena proses penyerapan dan transmisi sinar matahari kedalam ruangan yang dikondisikan melalui kaca. Persamaan yang digunakan adalah (Stoecker WF - Jerold W Jones, 1989, hal 7)

$$Q_{\text{rad kaca}} = \text{SHGF}_{\text{max}} \times S_c \times A \times \text{CLF}$$

Dimana:

$Q_{\text{rad kaca}}$ = efek radiasi matahari yang melewati kaca (w)

SHGF_{max} = faktor perolehan kalor matahari kaca (w/m)

S_c = *Shading Coefficient* (koefisien peneduh)

A = Luas penampang (m²)

- 2) Beban Kalor dari sinar matahari melalui dinding atau atap. Laju perpindahan kalor melalui dinding atau atap dinyatakan dengan persamaan (*Heating and Cooling of Buildings, Jan F. Kreider - Ari Rabi, hal 313*)

Untuk bahan konduksi adalah:

$$Q_{\text{kond}} = U \times A \times (T_o - T_i)$$

Dimana:

Q_{kond} = Efek radiasi matahari yang melewati fiber (w)

U = Koefisien transfer kalor (w / m² K)

T_o = Temperatur luar kabin (K)

T_i = Temperatur dalam kabin (K)

b. **Beban Kalor dari Dalam Ruangan (*Indoor Load*)**

Terjadinya peningkatan panas sensible dan laten pada suatu ruangan dapat disebabkan oleh faktor internal dari ruangan tersebut. Faktor internal tersebut meliputi:

1) **Beban Kalor dari Penghuni Ruangan**

Kalor yang dikeluarkan akibat dari metabolisme tubuh manusia dipengaruhi oleh aktifitas manusia dan temperatur ruang tersebut. Besarnya beban kalor ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini (Stoecker WF dan Jerold W Jones, 1982 : 69)

$$Q^s = \text{perolehan kalor perorang} \times \text{jumlah orang} \times \text{CLF}$$

Dengan Q Perolehan kalor dari penghuni (W)

CLF = Faktor – factor beban perolehan kalor *sensible* dari orang. Untuk penghuni beban laten, CLF dapat dianggap sama dengan 1,0.

c. Hasil Perhitungan Beban Pendingin

a. **Beban Kalor dari Luar Ruangan (*Outdoor Load*)**

1) **Beban Kalor dari Sinar Matahari Melawati Kaca Mobil**

Dimana:

$$SC = 0,7$$

$$A = 4,2 \text{ m}^2$$

$$SHGF_{\text{max}} = 870 \text{ W/m}^2$$

$$CLF = 1$$

$$Q_{\text{radkaca}} = SHGF_{\text{max}} \times Sc \times A \times CLF$$

$$= 870 \times 0,7 \times 4,2 \times 1$$

$$= 2557,8 \text{ watt}$$

2) **Beban Kalor dari Sinar Matahari Melalui Dinding atau Atap.**

Dimana:

$$U = 1,4195 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$A = 12,6 \text{ m}^2$$

$$T_o - T_i = 14 \text{ K}$$

$$Q_{\text{kond}} = U \times A \times (T_o - T_i)$$

$$= 1,4195 \times 12,6 \times 14$$

$$= 250,3998 \text{ watt}$$

b. **Beban Kalor dari Dalam Ruangan (*Indoor Load*)** Beban Kalor dari Penghuni Ruangan

Dimana :

$$Q \text{ (Tabel)} = 100$$

$$W_n \text{ (jml org)} = 6$$

$$\begin{aligned}
 \frac{CLF}{Q_{\text{evap}}} &= 1 \\
 &= Q \times n \times CLF \\
 &= 100 \times 8 \times 1 \\
 &= 800 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

c. **Beban Kalor Total** = Q evaporator
 = 800 + 2557,8 + 250,3998
 = 3608,1998 watt

Tabel 4.1 Beban kalor akibat perpindahan kalor konduksi

No	Bagian Dinding	Luas (m ²)	Konduktansi (W/m ² C)	T (°C)	Laju Perpindahan Kalor (W)
1	Lantai	3,78	1,96	10	74,09
2	Dinding samping kanan dan kiri	4,3	3,25	10	139,75
3	Dinding belakang	1,43	3,25	10	46,47
4	Dinding depan	1,12	3,25	40	145,60
5	Atap	2,64	3,25	10	85,80
6	Kaca depan	0,96	6,81	10	65,37
7	Kaca samping kanan dan kiri	1,72	6,81	10	117,13
8	Kaca belakang	0,34	6,81	10	23,15
9	Penumpang, 8x120 W				960,00
Sub Total					1657,36

No.	Radiasi surya	Luas (m ²)	Intensitas radiasi(W/m ²)	Trans mitansi	Laju Perpindahan Kalor (W)
1	Radiasi melalui kaca depan	0,96	902	0,8	692,73
2	Radiasi melalui kaca jendela	1,49	369	0,8	439,85
3	Radiasi melalui kaca samping	1,72	369	0,8	507,74
4	Radiasi melalui kaca belakang	0,34	902	0,8	245,34
Sub total					1.885,66

Total		3.543,02
Angka keamanan	5%	118,58
Total cooling load	3.661,60	

17. Analisa dan pembahasan.

Setelah memperoleh Q_{evap} (beban kalor total) sejumlah = 3.608,1 watt untuk menentukan hasil dari beban kalor maksimal yang terjadi di dalam kabin kendaraan hasil tersebut ditambahkan oleh besarnya beban kalor yang diterima akibat perpindahan kalor secara konduksi dimana besarnya beban kalor secara konduksi adalah 1.657,36 watt yang berasal dari jumlah perkalian luas, konduktansi dan suhu yang terjadi dalam kabin kendaraan sehingga di dapatkan data hasil pengamatan bahwa besarnya beban kalor total maksimal adalah $Q_{\text{evap maksimal}} = 3.608,1 \text{ watt} + 1.657,36 \text{ watt} = 52.65,4 \text{ watt}$.

Sedangkan besarnya beban pendinginan yang terjadi sesuai dengan geometri ukuran mobil yang di rancang untuk 8 orang adalah 3,66 kW. Beban ini masih mampu untuk diatasi oleh setingan mesin pendingin, dimana untuk keseluruhan kalor yang mampu diserap oleh kabin adalah 5,26 kW.

BAB V KESIMPULAN

18. Kesimpulan.

Berdasarkan analisa data hasil rancangan perencanaan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai jawaban dari rumusan masalah antara lain.

a. Hasil geometri mobil dan ukuran yang terdapat pada mobil dinas Daihatsu Feroza memiliki beban pendinginan maksimal. (*total cooling load* = 3661,60 wat) yang merupakan besarnya beban pendinginan yang terjadi di dalam kabin kendaraan dinas tersebut.

b. Sedangkan untuk besarnya jumlah laju perpindahan kalor yang berasal dari berbagai sumber yang di serap oleh kabin. Kendaraan adalah Q_{Evap} maksimal = 5.265,5 Watt yang merupakan jumlah keseluruhan dari factor radiasi dengan besarnya adalah $Q_{\text{rad}}=2557,8$ watt factor konduksi dengan besarnya adalah $Q_{\text{kond}}=250,3998$ watt dan faktor sensible dengan besarnya adalah $Q_{\text{sensibel}}=800$ watt.

Besarnya beban pendinginan yang terjadi sesuai dengan geometri ukuran mobil yang di rancang untuk 6 orang adalah 3,66kW. Beban ini masih mampu untuk diatasi oleh setingan mesin pendingin, dimana untuk keseluruhan kalor yang mampu diserap oleh kabin adalah 5,26kW.

Rancangan perencanaan ini semata – mata untuk memberikan dasar untuk memperkirakan beban termal di kabin kendaraan. Dari hasil perhitungan beban, kapasitas pendinginan dapat dihitung sehingga memungkinkan untuk mengetahui besarnya beban pendinginan yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE. (2009). *Fundamentals (SI)*. Atlanta, GA 30329: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE. (2006). *REFRIGERATION*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc
- Effendy Marwan, 2005, *Pengaruh kecepatan putar poros kompresor terhadap prestasi kerja mesin pendingin AC*. Tugas Akhir S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sumarto., 2000 *Pengkondisian Udara,*". Jakarta, Erlangga, "Dasar-Dasar Mesin Pendingin,". Yogyakarta, Andi Offset
- Werlin S. Nainggolan., 1987 "Termodinamika,". Bandung, CV Armico
- toecker, W.F. dan Jerold, W.J., 1996, *Refrigerasi dan penyegaran udara*. Supratman Hara. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Widodo., 2009, "Prinsip Kerja Sistem Pendingin dan Mesin AC Split,". Semarang, Himpunan Praktisi Tata Udara dan Refrigeran.

LAMPIRAN KEGIATAN PENELITIAN

Gambar dokumentasi rapat awal persiapan penelitian



Gambar Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian



Gambar Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian