

**ANALISA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA  
PADA KERETA API GAJAHWONG**



**Disusun oleh :**

**UNIVERSITAS**

**MERCU BUANA**

Nama : Laurentius Bagus Permana  
NIM : 41307120010  
Jurusan : Teknik Mesin

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2013**

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Laurentius Bagus Permana  
NIM : 41307120010  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri  
Judul Tugas Akhir : Analisa Sistem Penyegaran Udara Pada Kereta  
Api Gajahwong

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keasaan sadar dan tidak dipaksakan.

MERCU BUANA

Penulis,



(Laurentius Bagus Permana)

# LEMBAR PENGESAHAN

## ANALISA SISTEM PENYEGARAN UDARA PADA KERETA API GAJAHWONG

Disusun Oleh :

Nama : Laurentius Bagus Permana  
NIM : 41307120010  
Jurusan : Teknik Mesin

Pembimbing,

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
(Ir. Yuriadi Kusuma M.Sc)

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir/ Ketua Program Studi



(Prof. Dr. Gimbal Doloksaribu)

# KATA PENGANTAR

**Assalamu'alaikum Wr. Wb.**

Dengan penuh ketulusan penulis mengucapkan segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam Tugas Akhir ini penulis mengambil Judul Analisis Sistem Pengkondisian Udara Pada Kereta Api Gajahwong. Karena tema ini dirasakan sangat diperlukan untuk memberikan kenyamanan dalam memperoleh udara segar selama menempuh perjalanan yang cukup jauh bagi penumpang kereta. Selain itu analisis ini juga diperlukan untuk mengetahui dan memperhitungkan seberapa besar beban pendinginan yang diperoleh melalui faktor-faktor beban pendinginan yang mempengaruhi kereta tersebut, sehingga dengan segala macam perhitungan beban pendinginan yang mempengaruhi kereta dapat diperoleh optimum atau tidaknya kapasitas dari sistem pengkondisian udara (*Air Conditioning*) tersebut terhadap beban-beban pendinginannya.

Walaupun penulisan Tugas Akhir ini belum dapat memberikan sesuatu yang signifikan untuk ilmu pengetahuan, namun dengan segala kerendahan hati, penulis mempersembahkannya, dan semoga hal ini kiranya dapat membawa manfaat bagi kita semua.

Dalam kesempatan ini izinkanlah penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Bapak, ibu, mama dan papa tercinta beserta seluruh keluarga dengan penuh kesabaran yang tiada henti memberikan doa dan semangat.
3. Isriku tercinta amel dan jagoan kecilku Janitra yang selalu memberikan doa, semangat dan inspirasi.
4. Bapak Ir. Yuriadi Kusuma M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan waktu dan ilmu pengetahuan selama penulisan Tugas Akhir ini serta memperkenankan penulis untuk mengambil tema ini sehingga penulisan Tugas Akhir ini akhirnya dapat terselesaikan.

5. Bapak Prof. DR. Gimbal Doloksaribu, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana.
6. Seluruh dosen Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama kegiatan perkuliahan.
7. Dan semua pihak yang telah banyak membantu baik secara fisik maupun mental hingga tersusunnya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan-kekurangan yang disebabkan keterbatasan data dan penguasaan materi, demi kesempurnaan Tugas Akhir ini penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak.

Akhir kata semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua dan semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak manfaat khususnya bagi rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dan bagi masyarakat industri pada umumnya, Amin.

**Wassalamu'alaikum Wr. Wb**



Jakarta, Agustus 2013

**UNIVERSITAS**  
**MERCU BUANA**

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Hal</b>
<b>JUDUL</b> .....	i.
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	ii.
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii.
<b>ABSTRAK</b> .....	iv.
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v.
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii.
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi.
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii.
<b>NOTASI</b> .....	xiv.
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Penelitian .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-2
1.3 Batasan Masalah .....	I-2
1.4 Tujuan Penelitian .....	I-3
1.5 Metodologi Penelitian .....	I-3
1.6 Sistematika Penulisan .....	I-4
<b>BAB II DASAR TEORI SISTEM PENGKONDISIAN UDARA</b>	
2.1 Gambaran Umum Sistem Penyejukan Udara .....	II-6
2.2 Prinsip Kerja Mesin Penyejukan Udara .....	II-7
2.3 Komponen Utama Sistem Penyejukan Udara .....	II-11
2.3.1 Kompresor .....	II-11
2.3.1.1 Berdasarkan Metode Kompresinya .....	II-11
2.3.1.2 Berdasarkan Konstruksinya .....	II-17
2.3.2 Kondensor .....	II-17
2.3.2.1 Kondensor Dengan Pendingin Air .....	II-18
2.3.2.2 Kondensor Tabung dan Pipa Horizontal .....	II-18

2.3.2.3	Kondensor Tabung dan Koil .....	II-19
2.3.2.4	Kondensor Jenis Pintu Ganda .....	II-20
2.3.2.5	Kondensor Dengan Pendingin Udara.....	II-21
2.3.3	Evaporator .....	II-22
2.3.3.1	Keadaan Refrigeran Yang Ada Didalamnya..	II-23
2.3.3.2	Berdasarkan Kontruksinya.....	II-24
2.3.4	Katup Ekspansi .....	II-26
2.3.4.1	Katup Ekspansi Otomatik Termostatik .....	II-26
2.3.4.2	Katup Ekspansi Manual .....	II-28
2.3.4.3	Katup Ekspansi Tekanan Konstan .....	II-29
2.3.4.4	Pipa Kapilar .....	II-30
2.4	Jenis-Jenis Mesin Penyejukan Udara .....	II-31
2.4.1	Penyegar Udara Sentral.....	II-31
2.4.2	Unit Koil Kipas Udara .....	II-32
2.4.3	Unit Induksi .....	II-33
2.4.4	Penyegar Udara Jenis Paket .....	II-35
2.4.5	Penyegar Udara Kamar .....	II-38
2.5	Perhitungan Beban Kalor Puncak.....	II-39
2.6	Beban Pendinginan.....	II-40
2.6.1	Perhitungan Beban Pendinginan Melalui Dinding Dan Atap .....	II-42
2.6.2	Perhitungan Beban Pendinginan Melalui Lantai .....	II-44
2.6.3	Perhitungan Beban Pendinginan Melalui Kaca .....	II-45
2.6.3.1	Perhitungan Beban Pendinginan Melalui Kaca Akibat Konduksi .....	II-45
2.6.3.2	Perhitungan Beban Pendinginan Melalui Kaca Akibat Radiasi .....	II-46
2.6.4	Perhitungan Beban Pendinginan Akibat Panas Yang Dikeluarkan Oleh Penumpang .....	II-47
2.6.5	Perhitungan Beban Pendinginan Akibat Panas Yang Dikeluarkan Oleh Lampu Penerangan .....	II-47

2.6.6	Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan .....	II-48
2.6.7	Faktor Kebocoran Saluran Udara.....	II-48
2.6.8	Perhitungan Beban Pendinginan Akibat Panas Dari Penyusupan /Perembesan Udara Luar (Infiltrasi) .....	II-49
2.6.9	Perhitungan Beban Pendinginan Akibat Panas Dari Ventilasi Udara .....	II-50
2.7	Diagram Psikrometrik .....	II-50
2.8	Parameter-Parameter Kinerja Sistem Pengkondisian Udara .....	II-52
2.8.1	Efek Refrigerasi .....	II-53
2.8.2	Kerja Kompresor.....	II-54
2.8.3	<i>Coefficient Of Performance</i> (COP).....	II-54

### **BAB III METODOLOGI PERHITUNGAN**

3.1	Sistem Penyegaran Udara Pada Kereta .....	III-55
3.2	Langkah-Langkah Penelitian.....	III-55
3.2.1	Penentuan Permasalahan.....	III-57
3.2.2	Studi Literatur .....	III-57
3.2.3	Pengumpulan Data.....	III-57
3.2.3.1	Data Spesifikasi Mesin Pendingin .....	III-58
3.2.3.2	Data Spesifikasi Kereta.....	III-59
3.2.3.3	Data Suhu dan Kondisi Perancangan .....	III-61
3.2.4	Perhitungan .....	III-63
3.2.4.1	Perhitungan Kalor Puncak.....	III-63
3.2.4.2	Perhitungan Beban Pendinginan .....	III-63
3.2.4.3	Diagram Psikrometrik .....	III-64
3.2.4.4	Perhitungan Kinerja Sistem Peng. Udara.....	III-65
3.3	Analisa Hasil Perhitungan .....	III-65

### **BAB IV HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN**

4.1	Perhitungan Beban Pendinginan .....	IV-67
4.2	Perhitungan Beban Kalor Puncak.....	IV-67



4.3	Perhitungan Beban Pendinginan Pada Kereta .....	IV-69
4.3.1	Perhitungan Beban Pendinginan Melalui Dinding dan Atap .....	IV-69
4.3.2	Perhitungan Beban Pendinginan Melalui Lantai .....	IV-74
4.3.3	Perhitungan Beban Pendinginan Melalui Kaca .....	IV-76
4.3.4	Perhitungan Beban Pendinginan Akibat Panas Yang Dikeluarkan Oleh Penumpang .....	IV-80
4.3.5	Perhitungan Beban Pendinginan Akibat Panas Yang Dikeluarkan Oleh Lampu Penerangan .....	IV-82
4.3.6	Perhitungan Beban Pendinginan Akibat Panas Yang Dihasilkan Karena Infiltrasi .....	IV-82
4.3.7	Perhitungan Beban Pendinginan Akibat Panas Yang Dihasilkan Karena Ventilasi Udara.....	IV-85
4.3.8	Tabel Hasil Perhitungan Total Beban Pendinginan Yang Terjadi Pada Kereta .....	IV-86
4.4	Grafik Psikrometrik .....	IV-87
4.5	Selisih Antara Total Beban Pendinginan Dengan Kapasitas Mesin Pendingin.....	IV-90
4.6	Perhitungan Parameter-Parameter Kinerja Sistem Pengkondisian Udara .....	IV-91
4.7	Pembahasan Hasil Perhitungan .....	IV-93

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan.....	V-96
5.2	Saran .....	V-96

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **DAFTAR ACUAN**

## **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3-1	Luas Permukaan Dinding Kereta.....	III-59
Tabel 3-2	Luas Permukaan Atap dan Lantai.....	III-60
Tabel 3-3	Luas Kaca Jendela dan Pintu Pada Kereta.....	III-60
Tabel 3-4	Bahan Pembentuk Dinding, Atap dan Lantai Kereta .....	III-60
Tabel 3-5	Kondisi Udara Dalam dan Luar Kereta .....	III-63
Tabel 4-1	Temperatur Udara Luar Sesaat .....	IV-68
Tabel 4-2	Konduktivitas Termal Bahan Pembentuk Kereta .....	IV-71
Tabel 4-3	Hambatan Termal Lapisan Udara.....	IV-71
Tabel 4-4	Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas (U) Pada Dinding Dan Atap .....	IV-72
Tabel 4-5	Luas Dinding Tanpa Jendela Kaca .....	IV-73
Tabel 4-6	Perhitungan Laju Perpindahan Panas (Q) Pada Dinding dan Atap .....	IV-74
Tabel 4-7	Tabel Nilai Koefisien Perpindahan Panas (U) untuk Kaca .....	IV-76
Tabel 4-8	Tabel CLTD untuk Kaca .....	IV-77
Tabel 4-9	Perhitungan Laju Perpindahan Panas (Q) Pada Kaca.....	IV-78
Tabel 4-10	SHGF untuk Kaca.....	IV-79
Tabel 4-11	SC untuk Kaca .....	IV-79
Tabel 4-12	Perhitungan Laju Perpindahan Panas (Q) Radiasi Pada Kaca...	IV-80
Tabel 4-13	Perolehan Panas dari Penumpang.....	IV-81
Tabel 4-14	Kebutuhan Udara Luar yang Masuk ke Ruangan.....	IV-83
Tabel 4-15	Jumlah Penggantian Udara .....	IV-84
Tabel 4-16	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan .....	IV-86
Tabel 4-17	<i>Bypass Factor</i> (BF) .....	IV-89
Tabel 4-18	Selisih Beban Pendinginan Dengan Kapasitas Mesin Pendingin .....	IV-91
Tabel 4-19	Keadaan Refrigerant Pada Diagram P-h.....	IV-92

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip Kerja Mesin Pendingin .....	II-8
Gambar 2.2	Daur Kompresi Uap Standar Dalam Diagram P-h.....	II-10
Gambar 2.3	Diagam Alir Kompresi Uap .....	II-11
Gambar 2.4	Kontruksi Kompresor Torak .....	II-12
Gambar 2.5	Cara Kerja Kompresor Putar .....	II-13
Gambar 2.6	Penampang Dua Buah Rotor Kompresor Sekrup .....	II-14
Gambar 2.7	Kontruksi Kompresor Sekrup .....	II-15
Gambar 2.8	Mekanisme Kompresor Sekrup.....	II-15
Gambar 2.9	Kompresor Sentrifugal.....	II-16
Gambar 2.10	Kondensor Tabung dan Pipa.....	II-19
Gambar 2.11	Kondensor Tabung dan Koil.....	II-20
Gambar 2.12	Kondensor Koil Pipa Ganda .....	II-21
Gambar 2.13	Kondensor Dengan Koil Bersirip Plat .....	II-22
Gambar 2.14	Evaporator Tabung dan Koil.....	II-24
Gambar 2.15	Evaporator Tabung dan Pipa.....	II-25
Gambar 2.16	Katup Ekspansi Otomatik Thermostatik .....	II-27
Gambar 2.17	Katup Ekspansi Manual .....	II-28
Gambar 2.18	Katup Ekspansi Tekanan Konstan .....	II-30
Gambar 2.19	Unit pengolah Udara .....	II-32
Gambar 2.20	Unit Koil-Kipas Udara .....	II-33
Gambar 2.21	Unit Induksi Jenis Tekanan Tinggi .....	II-34
Gambar 2.22	Unit Induksi Jenis Tekanan Rendah .....	II-34
Gambar 2.23	Pengaturan Simpangan Pada Unit Induksi .....	II-35
Gambar 2.24	Penyegar Udara Jenis Paket .....	II-37
Gambar 2.25	Sistem Pipa Dari Penyegar Udara Jenis Paket.....	II-38
Gambar 2.26	Penyegar Udara Jenis Jendela.....	II-39
Gambar 2.27	Beban Pendinginan Pada Ruangan .....	II-41
Gambar 2.28	Siklus Pengkondisian Udara Pada Diagram Psikrometrik.....	II-52
Gambar 2.29	Diagram P-h Siklus Kompresi Uap .....	II-53

Gambar 3.1	Diagram Alir Langkah Penyelesaian Masalah.....	III-56
Gambar 3.2	Mesin Penyegar Udara Pada Kereta.....	III-58
Gambar 3.3	Diagram P-h Siklus Kompresi Uap.....	III-65
Gambar 4.1	Temperatur Udara Luar Sesaat .....	III-68
Gambar 4.2	Grafik Psikrometrik .....	III-90
Gambar 4.3	Siklus Refrigerasi Beban Pendinginan Yang Diplot Pada Diagram P-h R-22 Menggunakan <i>Coolpack Software</i> .....	IV-26



## NOTASI

A	Luas Permukaan	ft <sup>2</sup>
BF	Faktor ballast untuk lampu incandescent	---
CFM	Tingkatan Ventilasi Udara	ft <sup>3</sup> /min
CLF	Faktor koreksi beban pendingin yang tergantung pada waktu ( <i>Cooling Load Factor</i> )	---
CLTD	Perbedaan Temperatur Beban Pendinginan ( <i>Cooling Load Temperature Difference</i> )	F
CLTD <sub>c</sub>	Koreksi Perbedaan Temperatur Beban Pendinginan ( <i>Corrected Cooling Load Temperature Difference</i> )	F
COP	Koefisien performansi dari suatu siklus kompresi uap	---
GSHF	Faktor beban pendinginan sensibel	---
GTH	Beban pendinginan total ( <i>Grand Total Heat</i> )	---
h	Ketinggian matahari	---
h	Enthalpy	Btu/lb
k	Konduktivitas termal	Btu/ ft hr F
L	Tebal Bahan	ft
LM	Faktor koreksi untuk garis lintang dan bulan perancangan	---
n	Jumlah Penumpang	Orang
P	<i>Permeabilitas Atmosferik</i>	---
Q	Laju perpindahan panas	Btu/hr
q <sub>l</sub>	Panas Laten	Btu/hr
q <sub>s</sub>	Panas Sensibel	Btu/hr
R	Tahanan termal bahan	ft <sup>2</sup> hr F/btu
R <sub>so</sub>	Tahanan termal lapisan udara luar	ft <sup>2</sup> hr F/btu
R <sub>si</sub>	Tahanan termal lapisan udara dalam	ft <sup>2</sup> hr F/btu
RH	Kelembaban relatif	%
RSHF	Faktor beban pendinginan sensibel untuk ruangan	---

SC	Koefisien untuk faktor koreksi berdasarkan jenis kaca ( <i>Shading Coefficient</i> )	---
SHGF	Panas matahari maksimum yang diserap pada waktu, orientasi dan garis lintang tertentu ( <i>Solar Heat Gain Factor</i> )	Btu/hr ft <sup>2</sup>
Tbd	Temperatur bola kering	°F
Twb	Temperatur bola basah	°F
t <sub>o</sub>	Temperatur udara luar sesaat	°F
t <sub>o ranc</sub>	Temperatur udara luar untuk perancangan	°F
t <sub>r</sub>	Temperatur bola kering ruangan	°F
t <sub>a</sub>	Temperatur rata-rata udara luar	°F
U	Koefisien Perpindahan Panas	Btu/hr ft <sup>2</sup> F
W	Kapasitas Lampu	watt
W <sub>o</sub>	Kandungan uap air diluar ruangan	lb w /lb d air
W <sub>1</sub>	Kandungan uap air dildalam ruangan	lb w /lb d air
t	Perubahan temperatur harian	°F
	Waktu Penyinaran	---
	Saat terjadinya temperatur maksimum	---