



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI AWAL UNJUK KERJA PENDINGIN UDARA (*AIR COOLER*)
PADA *AIR DUCT* SEPEDA MOTOR TIPE SKUTIK**

SKRIPSI

ALIEF RIZKA HUSNIAWAN

0906604672

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI AWAL UNJUK KERJA PENDINGIN UDARA (*AIR COOLER*)
PADA *AIR DUCT* SEPEDA MOTOR TIPE SKUTIK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

ALIEF RIZKA HUSNIAWAN

0906604672

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Alief Rizka Husniawan

NPM : 0906604672

Tanda Tangan : 

Tanggal : 10 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Alief Rizka Husniawan

NPM : 0906604672

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Studi Awal Unjuk Kerja Pendingin Udara (*Air Cooler*)
Pada *Air Duct* Sepeda Motor Tipe Skutik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

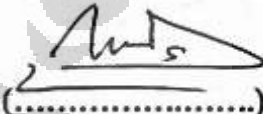
DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng.



(.....)

Penguji : Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara M.Eng



(.....)

Penguji : Dr. Ir. Engkos A. Kosasih M.T.



(.....)

Penguji : Dr. Agus Sunjarianto Pamitran ST., M.Eng



(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 10 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Studi Awal Unjuk Kerja Pendingin Udara (*Air Cooler*) Pada *Air Duct* Sepeda Motor Tipe Skutik” dengan baik.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas dukungan, bantuan, dan kerja samanya baik moral maupun material sehingga penulisan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar terutama kepada :

1. Bapak dan Ibu yang telah memberikan dukungan moril dan spirituil.
2. Ir. Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Tim penguji skripsi, atas koreksi perbaikan dan sarannya.
4. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Mesin FTUI yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan.
5. Rekan saya Carry Kharisma yang telah memberikan bantuannya untuk melakukan pengujian pada kendaraan dalam skripsi ini.
6. Istri Asmadia Khusniyah, S.Pd atas kesabarannya dalam menghadapi suami yang waktunya banyak terforsir untuk menyusun skripsi ini.
7. Semua pihak yang telah ikut membantu dalam proses pembuatan alat dan penyusunan skripsi yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan teknologi otomotif pada masa yang akan datang. *Jazakumullah khoiron katsiro.*

Depok, 10 Juli 2012

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alief Rizka Husniawan
NPM : 0906604672
Program Studi : Ekstensi Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul

**STUDI AWAL UNJUK KERJA PENDINGIN UDARA (*AIR COOLER*)
PADA *AIR DUCT* SEPEDA MOTOR TIPE SKUTIK**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 10 Juli 2012

Yang menyatakan,



(Alief Rizka Husniawan)

ABSTRAK

Nama : Alief Rizka Husniawan
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Studi Awal Unjuk Kerja Pendingin Udara Pada *Air Duct*
Sepeda Motor Tipe Skutik

Pada penelitian ini, telah dirancang alat pendingin udara dengan tujuan untuk melakukan perbaikan udara masuk ke ruang bakar kendaraan dengan cara menurunkan suhu sehingga kerapatan partikel udara akan meningkat. Dengan perbaikan ini diharapkan dapat berpengaruh pada kondisi campuran udara dan bahan bakar sehingga akan terjadi peningkatan performa kendaraan. Daya roda belakang, konsumsi bahan bakar dan emisi kendaraan dipantau selama pengujian menggunakan *chassis dyno tester*. Hasil penelitian ini, suhu udara dapat diturunkan menjadi 25°C dari 30°C pada kondisi udara bergerak mesin putaran *idle*, akan tetapi performa kendaraan masih mengalami penurunan 28% dibawah kondisi standar. Hal ini disebabkan adanya tahanan aliran udara akibat pemasangan sirip dan pipa pada saluran udara. Namun demikian didapatkan manfaat yang lain yaitu penurunan kadar emisi karbon monoksida sebesar 9,8% dari kondisi standar.

Kata kunci : Pendingin udara, Performa kendaraan, Konsumsi bahan bakar,
Emisi karbon monoksida

ABSTRACT

Name : Alief Rizka Husniawan
Program me : Mechanical Engineering
Topic : Initial Study for Air Cooler Work on Air Duct Motorcycle Automatic Scooter Type

In this study, air-conditioning equipment has been designed in order to do improving the air condition by lowering the temperature so that the density of the air particles which is flow into the vehicle combustion chamber will increase. With these improvements, expected there are some effects to the conditions of air-fuel mixture so it will increase the vehicle performance. Rear wheel power, fuel consumption and vehicle emissions were monitored during testing using a chassis dyno tester. The results of this study, the temperature of the air has been reduced to 25 ° C from 30 ° C in the air flowing condition during engine idle, but the vehicle's performance still fell 28% under standard conditions. This is due to air flow resistance which is caused by the installation of the fin and tube in the air duct. However, another benefit is obtained, the decreasing levels of carbon monoxide emissions by 9,8% from the standard conditions by using this equipment.

Key Word : Air cooler, Motorcycle performance, Fuel consumption, Carbon monoxide emissions

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Penelitian	5
1.5. Metodologi Penelitian	5
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Motor Otto.....	8
2.1.1. Prinsip Kerja Mesin Otto.....	8
2.1.2. Konstruksi Dasar Mesin Otto	10
2.1.3. Performa Motor	13
2.1.4. Campuran Udara dan Bahan Bakar (<i>Air-Fuel Mixture</i>)	15
2.2. Pendingin Termoelektrik (<i>Thermoelectric Cooler</i>)	18
2.2.1. Prinsip Kerja Pendingin <i>Thermoelectric</i>	18
2.2.2. Karakteristik Dasar Peltier Elemen	20
2.3. Perpindahan Kalor Pada <i>Air Cooler</i>	22
2.3.1. Perpindahan Kalor Konduksi.....	22

2.3.2. Perpindahan Kalor Konveksi.....	23
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	25
3.1. Metode Penelitian.....	25
3.2. Konsep Desain Pendingin Udara (<i>Air Cooler</i>).....	26
3.2.1. Posisi Pendingin Udara (<i>Air Cooler</i>) Pada Kendaraan.....	27
3.2.2. Aliran Udara Pada Saluran Udara (<i>Air Duct</i>).....	28
3.3. Rancang Bangun Pendingin Udara Peltier.....	29
3.4. Peralatan Uji.....	36
3.5. Metode Pengujian.....	39
3.2.2. Pengujian Pendahuluan (<i>Preliminary Test</i>).....	39
3.2.2. Pengujian Pada Kendaraan (<i>On Vehicle Testing</i>).....	40
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Hasil Pengujian Pendahuluan (<i>Preliminary Test</i>).....	45
4.1.1 Pengujian Pendahuluan Pada <i>Air Cooler</i> Belakang	45
4.1.2 Pengujian Pendahuluan Pada <i>Air Cooler</i> Depan	46
4.2 Hasil Pengujian Pada Kendaraan (<i>On Vehicle Testing</i>).....	47
4.2.1 Pengujian Kendaraan Tanpa <i>Air Cooler</i>	47
4.2.2 Pemantauan Suhu Udara.....	48
4.2.3 Pengujian Performa Kendaraan Dengan <i>Air Cooler</i>	49
4.2.4 Pemantauan Konsumsi Bahan Bakar.....	50
4.2 Analisa Termodinamika.....	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	58

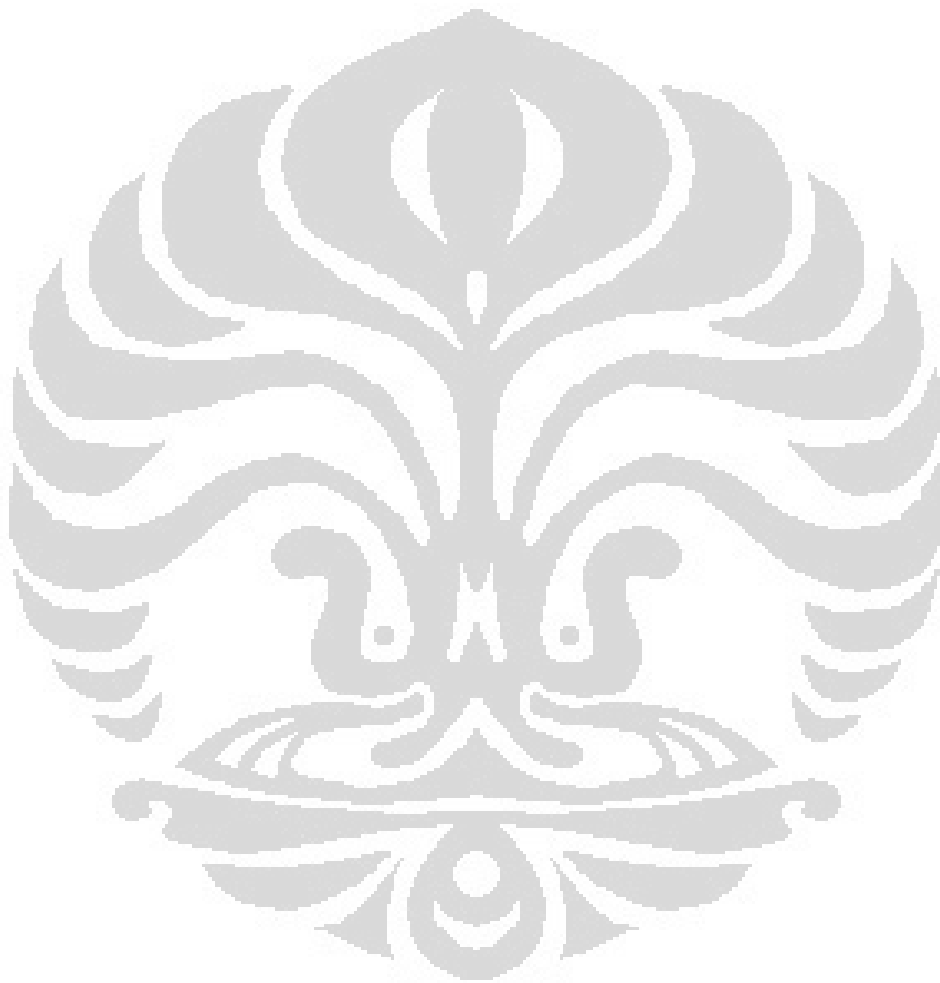
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat jenis beberapa jenis bahan bakar	15
Tabel 2.2 Unsur kimia utama dalam udara kering	16
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>peltier element</i>	32
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>thermal paste</i>	33
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Noncontact infrared thermometer</i>	36
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>chassis dyno tester</i>	37
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>multimeter</i>	37
Tabel 3.6 Spesifikasi Motor Skutik.....	38
Tabel 3.7 Data identitas kendaraan dan suhu lingkungan.....	41
Tabel 3.8 Parameter kendaraan sebelum pengujian.....	41
Tabel 3.9 Parameter pada pengujian dengan <i>chassis dyno tester</i>	43

DAFTAR GAMBAR

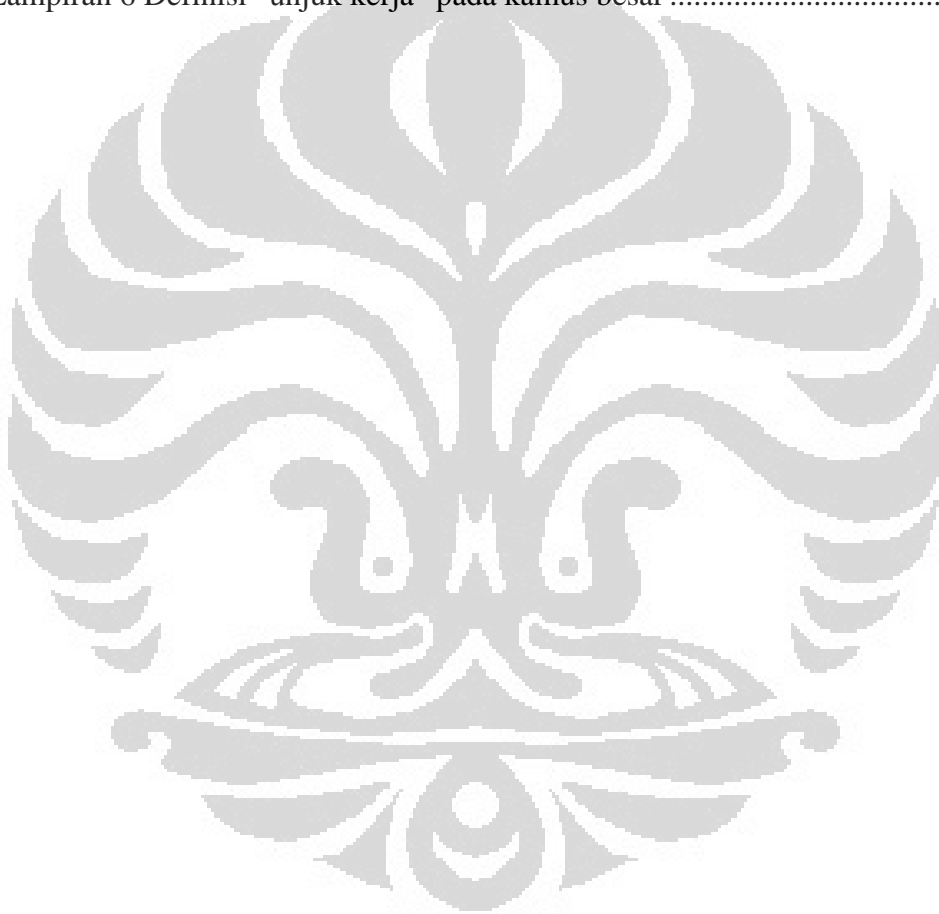
Gambar 1.1 Bagan Kepemilikan Sepeda Motor 1987-2011	1
Gambar 1.2 Bagan <i>market share</i> sepeda motor berdasarkan tipe	2
Gambar 1.3 a. ikatan partikel pada kondisi beku (<i>solid</i>) b. Ikatan partikel pada kondisi cair c. Ikatan partikel pada kondisi gas	3
Gambar 2.1 Urutan siklus kerja motor bakar 4 langkah	9
Gambar 2.2 Gambar potongan konstruksi dasar mesin	11
Gambar 2.3 Grafik pengaruh <i>air fuel ratio</i> terhadap tenaga mesin	18
Gambar 2.4 Skema aliran peltier	19
Gambar 2.5 Perbandingan delta T dengan <i>power</i> listrik pada element peltier	21
Gambar 2.6 Konduksi dalam keadaan tunak <i>steady state conduction</i>	22
Gambar 2.7 Sketsa perpindahan kalor konduksi-konveksi pada satu dimensi	23
Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian	25
Gambar 3.2 Konsep desain pendingin udara dengan element peltier	26
Gambar 3.3 Posisi air duct pada sepeda motor skutik merk “X”	27
Gambar 3.4 Aliran udara didalam <i>air duct</i> sepeda motor skutik	28
Gambar 3.5 Rancangan pendingin udara dengan Peltier element.....	29
Gambar 3.6 Gambar 3D <i>air cooler</i> pada <i>air duct cover</i> bagian belakang	30
Gambar 3.7 Gambar 2D <i>air cooler</i> pada <i>air duct cover</i> bagian belakang	30
Gambar 3.8 Gambar 3D <i>air cooler</i> pada <i>air duct cover</i> bagian depan	31
Gambar 3.9 Gambar 2D <i>air cooler</i> pada <i>air duct cover</i> bagian depan	31
Gambar 3.10 Pendingin udara pada <i>air duct cover</i> bagian belakang	34
Gambar 3.11 Pendingin udara pada <i>air duct cover</i> bagian depan.....	35
Gambar 3.12 Pendingin udara pada <i>air duct cover</i> secara keseluruhan	35
Gambar 3.13 Pengujian pendahuluan (<i>preliminary test</i>)	39
Gambar 3.14 Titik pengukuran suhu pada pengujian pendahuluan.....	40
Gambar 3.15 Diagram alir pengujian sepeda motor skutik pada <i>chassis dyno tester</i>	42
Gambar 3.16 Pemantauan suhu selama pengujian dengan <i>chassis dyno tester</i>	43
Gambar 3.17 Pengujian pada kendaraan menggunakan <i>chassis dyno tester</i>	44
Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian pendahuluan <i>air cooler</i> bagian belakang.....	45

Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian pendahuluan <i>air cooler</i> bagian depan.....	46
Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian pada kendaraan pada kondisi standar	47
Gambar 4.4 Grafik temperatur udara pada <i>air duct</i>	48
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian performa dengan <i>air cooler</i>	49
Gambar 4.6 Grafik hasil pemantauan konsumsi bahan bakar	50
Gambar 4.7 Tekanan udara merupakan jumlah dari udara kering (<i>dry air</i>) dan udara embun (<i>condensed vapor</i>)	52



DAFTAR LAMPIRAN

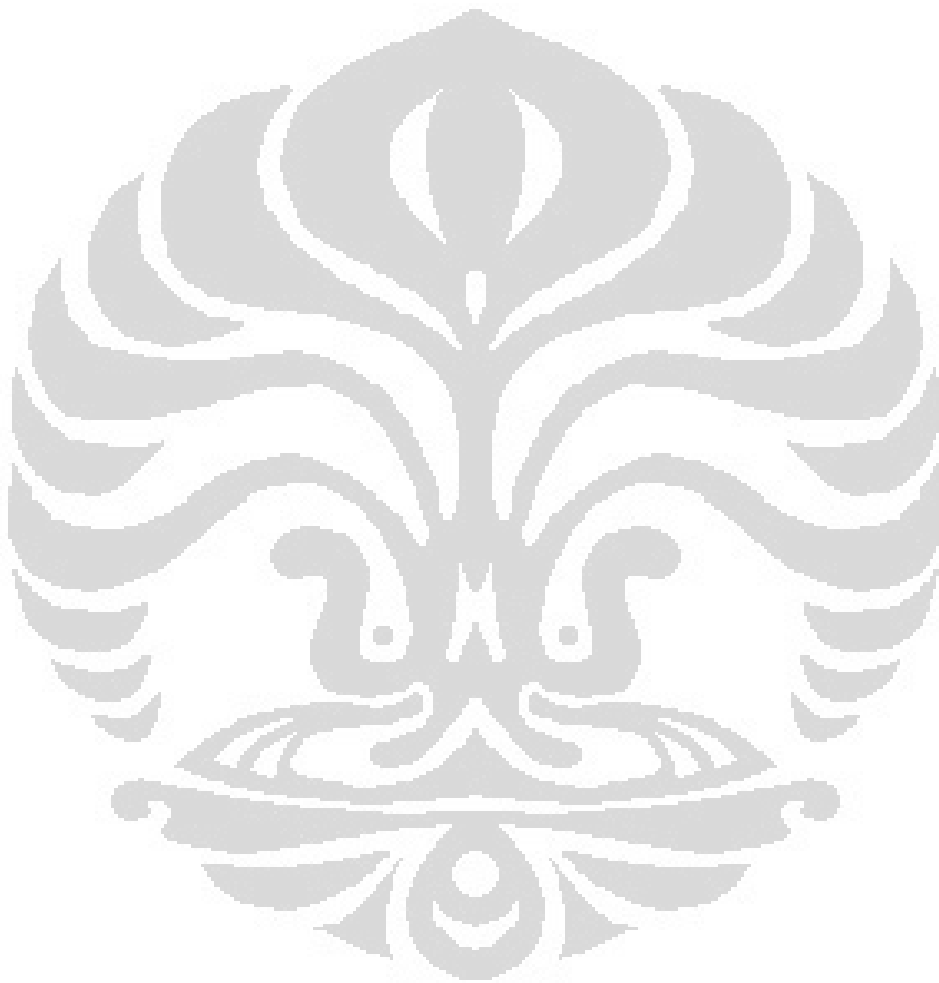
Lampiran 1 2D-CAD <i>Drawing Rear</i>	54
Lampiran 2 2D-CAD <i>Drawing Front</i>	55
Lampiran 3 <i>Units & Conversions Fact Sheet</i>	56
Lampiran 4 <i>Intercooler ON</i>	57
Lampiran 5 <i>Intercooler OFF</i>	58
Lampiran 6 <i>Performance Test Standard</i>	59
Lampiran 6 Definisi “unjuk kerja” pada kamus besar	60



DAFTAR NOTASI

A	= Luas permukaan (m^2)
F	= <i>Balance reading added weight</i> (N)
FC	= konsumsi bahan bakar (liter/jam)
h	= Koefisien perpindahan kalor konveksi (W/m^2K)
I	= Arus yang mengalir (Ampere)
k	= Koefisien perpindahan kalor konduksi (W/mK)
L	= <i>Torque arm length</i> (mm)
n	= <i>Revolution per minute</i> (rpm)
nR	= Banyaknya putaran <i>crank</i> per siklus (putaran/siklus)
P	= Power (watt)
P	= <i>Pressure</i> (Pascal)
P_a	= Tekanan udara kering (<i>dry air</i>)
P_v	= Tekanan udara embun (<i>condensed vapor</i>)
Q	= Energi kalor (Watt)
Q_c	= Kalor yang diserap pada bagian <i>cold side</i> elemen Peltier (Watt)
Q_h	= Kalor yang dilepaskan pada bagian sisi panas (Watt)
R	= Resistansi atau tahanan termal (m^2K/W)
SFC	= <i>Specific fuel consumption</i> (kg/kW . hour)
t	= Interval waktu pengukuran (detik)
T_∞	= Temperatur Ambient (K)
T_{amb}	= Temperatur Ambient ($^{\circ}C$)
T_h, T_c	= Temperatur <i>Termocoupe</i> l panas dan dingin (K)
T_s	= Temperatur permukaan (K)
u_∞	= Kecepatan aliran bebas (m/s)
ν	= Viskositas kinematik (m^2/s)
V_f	= Konsumsi bahan bakar selama t detik (mL)
V_0	= Tegangan keluaran (Volt)
w_i	: <i>Indicated Work</i> (kJ/siklus)
W_i	= <i>Indicated power</i> (Watt)

- x = Jarak lapisan batas (m)
 ΔT = Perbedaan temperatur sisi dingin dan sisi panas ($^{\circ}\text{C}$)
 ρ = Berat jenis bahan bakar (kg/liter)

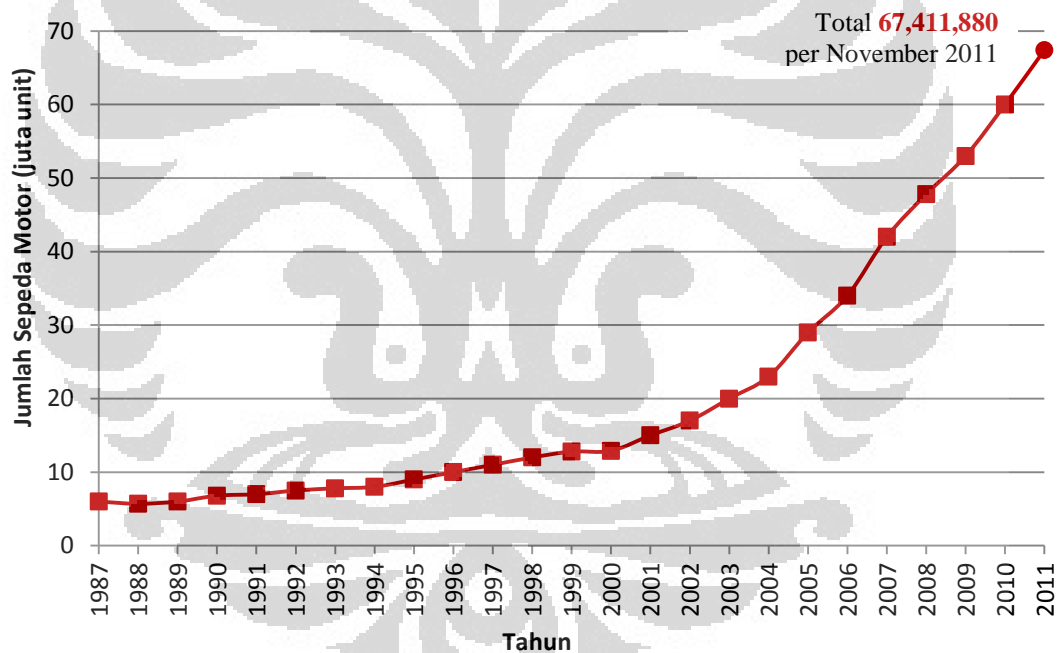


BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia, kebutuhan akan transportasi semakin meningkat dari tahun ketahun, hal ini menuntut pemerintah untuk dapat menyediakan moda transportasi masal yang dapat mengakomodasi kebutuhan akan mobilitas dari penduduk Indonesia, namun laju kebutuhan akan transportasi tidak sebanding dengan layanan transportasi umum yang disediakan pemerintah. Hal ini mendorong masyarakat untuk menggunakan transportasi pribadi yang lebih praktis dan fleksibel terhadap waktu dan tujuan. Salah satu alat transportasi pribadi yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah sepeda motor.

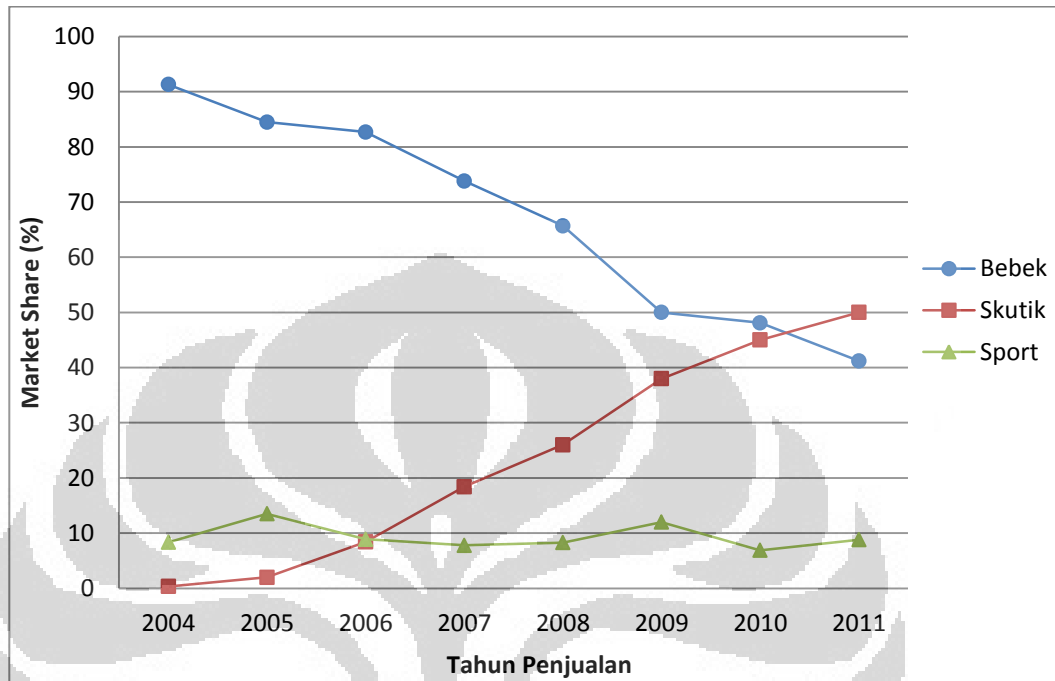


Gambar 1.1 : Bagan Kepemilikan Sepeda Motor 1987-2011

(Badan Pusat Statistik, www.bps.go.id)

Jumlah kepemilikan sepeda motor dari tahun ke tahun terus mengalami kenaikan, seperti yang terlihat pada Gambar 1.1 dari 12 juta unit pada tahun 2000 menjadi 60 juta unit pada tahun 2010 dan telah mendekati 70 juta unit pada tahun 2011. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sepeda motor merupakan moda transportasi yang sangat vital dalam perannya di masyarakat Indonesia.

Gambar 1.2 memperlihatkan bahwa total jumlah kepemilikan sepeda motor di Indonesia, ditinjau dari komposisi per tipe kendaraan, dominasi sepeda motor tipe bebek telah bergeser ke sepeda motor tipe skutik (skuter matik).



Gambar 1.2 : Bagan *market share* sepeda motor berdasarkan tipe

(Asosiasi Industri Sepedamotor Indonesia, AISI per September 2011)

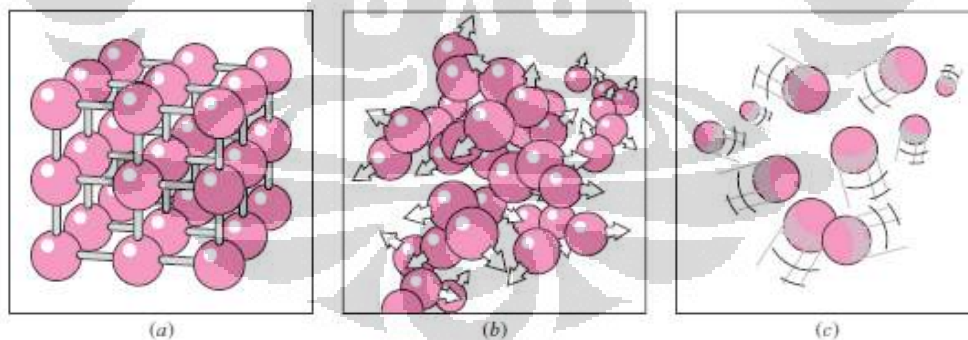
Dalam waktu 6 tahun terakhir skutik memperlihatkan *trend* penguatan pasar dan mencapai puncaknya pada tahun 2011 ini, tercatat dari data bulan Januari hingga September 2011 ini pangsa motor skutik telah mencapai 49,75% mengalahkan bebek yang menyusut sampai 42,13%. Pangsa motor *sport* sendiri relatif stabil di kisaran 7-8%.

Pertumbuhan motor tipe skutik yang terus meningkat meninggalkan tipe bebek menunjukkan adanya perubahan selera pasar terhadap model kendaraan, tipe skutik yang dinilai lebih nyaman dan mudah dikendarai menjadi alasan utama kepemilikan tipe ini, namun permasalahan konsumsi bahan bakar yang boros dan performa yang kurang, banyak dikeluhkan oleh pengguna sepeda motor tipe skutik. Seperti keluhan pengguna motor matik yang dilansir situs *otomotifnet.com* pada rubrik otoklinik publikasi tanggal 12 Desember 2011, memaparkan “saya pakai sepeda motor skutik tahun 2008, *service* rutin dan penggantian oli selalu terjaga, tapi kenapa belakangan ini kalau dibawa jalan tarikan kurang terasa

seperti telat jalan...”. Hal senada juga dikeluhkan member lain dari rubrik tersebut publikasi tanggal 29 November 2011 “saya kurang puas dengan performa motor saya caranya agar peforma motor naik gimana yaa.. motor saya skutik...”

Keluhan pengguna motor skutik yang dipublikasikan oleh otomotif.net tersebut, sebenarnya memiliki banyak relevansi dengan berbagai penyebab, baik itu dari segi kondisi komponen kendaraan, bahan bakar, kondisi udara, ekspektasi pengendara maupun kondisi jalan yang dijadikan acuan. Namun pada skripsi kali ini, penulis akan melakukan penelitian mengenai keterkaitan antara performa sepeda motor skutik dengan perbaikan kondisi *input* udara dari lingkungan.

Perbaikan kondisi *input* udara yang dimaksud adalah dengan mengkondisikan udara pada suhu rendah sehingga kerapatan partikel udara saat berkendara siang hari akan meningkat, hal ini adalah sesuai dengan prinsip termodinamik bahwa semakin rendah temperatur udara maka semakin rapat ikatan antar partikel atau sebaliknya semakin tinggi temperatur maka semakin renggang ikatan antar partikel. Pengkondisian udara pada suhu rendah ini diharapkan dapat berpengaruh pada kondisi campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar sehingga akan terjadi peningkatan performa kendaraan.



Gambar 1.3 : a. Ikatan partikel pada kondisi beku (*solid*) b. Ikatan partikel pada kondisi cair c. Ikatan partikel pada kondisi gas

(Y. Cengel & M. A. Boles . *Thermodynamic : An Engineering Approach*)

Pada Gambar 1.3 bagian a, ikatan partikel pada kondisi beku (*solid*) sangat rapat dan stabil, antara partikel satu dengan yang lain saling berikatan, sementara pada bagian b, ikatan partikel pada kondisi cair lebih renggang, hanya beberapa

partikel saja yang berikatan, pada kondisi ini partikel lebih mudah bergerak dan menyesuaikan bentuk, terlebih pada bagian c, ikatan partikel pada kondisi gas sangat renggang hanya sedikit partikel yang berikatan sementara yang lain bergerak bebas.

Peningkatan performa pada dasarnya sangat mudah dilakukan dengan menambahkan zat *additive* seperti *octane booster*, injeksi NOS (*nitro-oxide system*) atau yang lain, namun hal ini tentu akan berakibat pada biaya berkendara yang lebih mahal dibanding berkendara pada kondisi standar pabrikan. Sehingga dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif lain yang dapat diterapkan oleh pemilik sepeda motor skutik untuk menanggulangi permasalahan pada performa kendaraan.

1.2 Perumusan Masalah

Seperti yang telah dipaparkan pada bab pendahuluan, permasalahan yang dihadapi oleh pengguna motor skutik adalah performa yang kurang dari sepeda motor skutik. Maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana cara meningkatkan performa sepeda motor skutik dengan perbaikan pada *input* udara dari lingkungan atau bagaimana hubungan antara perubahan pada suhu udara lingkungan dengan performa motor skutik yang dihasilkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memperbaiki kondisi udara dengan menurunkan suhu udara *input* ke ruang bakar sehingga kerapatan partikel udara akan meningkat.
2. Meningkatkan performa sepeda motor dengan melakukan perbaikan udara *input* ke ruang bakar.
3. Menurunkan kadar emisi karbon monoksida (%CO) yang dihasilkan dari sisa pembakaran.
4. Menurunkan laju konsumsi bahan bakar yang digunakan terhadap *power* yang dihasilkan kendaraan.

1.4 Batasan Penelitian

Pada umumnya permasalahan performa kendaraan memiliki banyak penyebab yang dapat saling mempengaruhi satu sama lain, sehingga penulis menetapkan batasan dalam penelitian yang dilakukan kali ini adalah sebagai berikut :

1. Kendaraan yang digunakan sebagai objek penelitian adalah sepeda motor skutik yang telah digunakan untuk mobilitas sehari-hari artinya bukan kendaraan baru.
2. Kendaraan yang digunakan adalah sepeda motor skutik *Fuel Injection* 4-langkah keluaran tahun 2011 dan tidak ada modifikasi apapun.
3. Penelitian yang dilakukan hanya meliputi perbaikan udara *input* dengan melakukan penurunan suhu dan tidak dilakukan pencampuran udara maupun bahan bakar menggunakan zat additif tambahan.
4. Pengukuran performa dilakukan dengan *Chassis Dyno Test* untuk mengetahui nilai torsi dan kecepatan dari kendaraan.

1.5 Metodologi Penelitian

Pelaksanaan dari penelitian ini dilakukan dengan metodologi sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur terhadap topik-topik bahasan yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan baik itu dari buku-buku referensi teknik, journal ilmiah, e-book dan e-teks dari sumber yang terpercaya maupun skripsi terdahulu yang membahas tentang peltier dan termoelektrik

2. Perancangan Sistem *Air cooler*

Perancangan dilakukan dengan membuat sketsa dan *drawing* dari sistem *air cooler* yang akan dipasangkan pada skutik dengan posisi *air duct* disamping kendaraan atau tepat diatas *v-belt housing*. Pembuatan *drawing* dari sistem *air cooler* ini menggunakan *software* Catia P3 V5R19 agar lebih mudah tervisualisasi dan terukur dengan baik. Perancangan ini juga mempertimbangkan beberapa aspek antara lain; kemudahan dalam mencari komponen yang dibutuhkan, kelayakan proses produksi dan instalasi serta pertimbangan kekuatan alat ketika dipasang dikendaraan sepeda motor skutik

3. Pembuatan *Air Cooler* Pada *Air Duct*

Air cooler pada *air duct* atau yang lebih dikenal dengan rumah saringan udara dibuat dengan *thermoelectric* yang memanfaatkan element Peltier sebagai komponen utama sistem *air cooler*. Bagian permukaan Peltier yang dingin di letakkan pada bagian dalam *air duct* dan bagian panas diluar *air duct*, *heat sink* digunakan sebagai media penghantar temperatur agar lebih cepat menyebar, ditambahkan pula kipas kecil pada bagian luar agar pendinginan bagian panas lebih maksimal.

4. Pengambilan Data Pengujian Pada Kendaraan

Setelah *air cooler* selesai dibuat, pengujian dilakukan pada kendaraan sepeda motor skutik dengan menggunakan alat *Chassis Dyno Tester* untuk mengetahui hasil torsi dan rpm yang dihasilkan kendaraan. Pengambilan data ini meliputi beberapa parameter seperti : *Dry bulb* dan *wet bulb* ambient temperatur kemudian pengujian performa kendaraan pada kondisi standar pabrikan atau sebelum dipasang *air cooler*, temperatur masuk dan keluar pada *air duct* dengan peltier element serta performa kendaraan setelah menggunakan *air cooler* pada *air duct*.

5. Analisa Hasil Dan Evaluasi

Data-data yang didapatkan dari hasil pengujian pada kendaraan kemudian diolah menjadi grafik dan dilakukan analisa mengenai hubungan antara perbaikan temperatur *input* pada intake dengan performa yang dihasilkan oleh kendaraan. Setelah itu dilakukan evaluasi mengenai kekurangan-kekurangan yang didapatkan pada saat melakukan penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun menjadi 5 bagian pokok, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batas-batas penelitian, asumsi-asumsi yang digunakan, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Bab ini berisi teori-teori penunjang atau hal-hal yang menjadi pendukung topik penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini memaparkan urutan proses instalasi alat uji, persiapan pengujian, tahapan pengujian, serta prosedur pengambilan data.

BAB 4 ANALISA PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai data hasil dari percobaan, perhitungan dan pengolahan dari data yang telah diambil dari pengujian. Hasil pengolahan data akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang terpadu untuk digunakan sebagai alat bantu analisa terhadap hasil pengolahan data tersebut sehingga dapat bermanfaat untuk mengetahui kondisi unjuk kerja peralatan penelitian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Otto

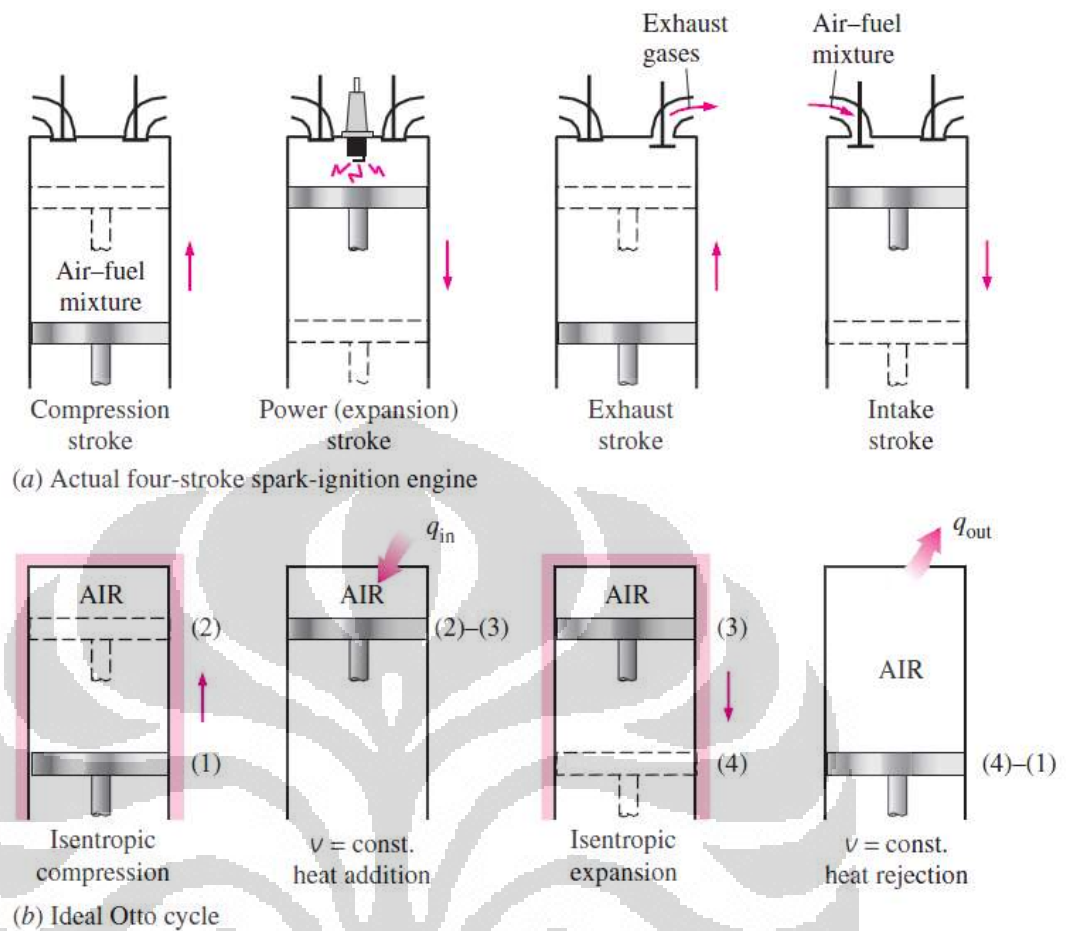
Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) adalah mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanis dan prosesnya terjadi di dalam suatu ruang bakar yang tertutup. Energi kimia dalam bahan bakar terlebih dahulu diubah menjadi energi termal melalui proses pembakaran. Energi termal yang diproduksi akan menaikkan tekanan yang kemudian menggerakkan mekanisme pada mesin seperti torak, batang torak dan poros engkol.

Berdasarkan metode penyalan campuran bahan bakar-udara, motor pembakaran dalam diklasifikasikan menjadi *spark ignition engine* dan *compression ignition engine*. *Spark ignition engine* biasa disebut mesin Otto merujuk pada penemunya Nikolaus August Otto (1832-1891). Sedangkan *compression ignition engine* biasa disebut mesin Diesel berdasarkan nama dari sang penemu yaitu Rudolf Diesel (1858 - 1913)

Motor dengan sistem *spark ignition* menggunakan bantuan bunga api untuk menyalakan campuran bahan udara dan bakar. Bunga api yang digunakan berasal dari busi yang akan menyala saat campuran bahan bakar-udara mencapai rasio kompresi tertentu sehingga akan terjadi reaksi pembakaran yang menghasilkan tenaga untuk mendorong torak bergerak bolak-balik. Siklus langkah kerja yang terjadi pada mesin jenis ini dinamakan siklus otto yang biasanya mempergunakan bahan bakar jenis bensin.

2.1.1 Prinsip Kerja Mesin Otto

Prinsip kerja mesin Otto meliputi empat langkah siklus yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah buang, masing-masing merupakan satu langkah translasi penuh dari piston, karena itu siklus penuh 4-langkah membutuhkan dua putaran dari poros engkol sebagai tumpuan dari piston, poros ini kemudian meneruskan putaran ke bagian transmisi yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak kendaraan.



Gambar 2.1 : Urutan siklus kerja motor bakar 4 langkah

(Y. Cengel & M. A. Boles . *Thermodynamic : An Engineering Approach 5th*)

Seperti terlihat pada Gambar 2.1 empat langkah dari siklus mesin Otto adalah sebagai berikut :

1. Langkah hisap (*intake stroke*)

Selama langkah hisap, piston bergerak dari titik mati atas ke titik mati bawah, dan bersamaan dengan itu terbukalah katup *inlet* sementara katup *exhaustnya* dalam keadaan tertutup. Hal ini akan menyebabkan meningkatnya volume pada ruang bakar dan akan membuat keadaan dalam ruang silinder menjadi *vacume*. Akibatnya terjadi perbedaan tekanan antara *intake* yang berada pada tekanan atmosfer dengan tekanan *vacume* yang lebih rendah karena gaya hisap dari piston. Kemudian campuran udara dan bahan bakar yang berada di saluran *inlet* akan mengalir masuk dalam ruang bakar.

2. Langkah kompresi (*compression stroke*)

Saat piston mencapai titik mati bawah, kedua katub *inlet* dan *exhaust* akan tertutup, kemudian piston mulai bergerak naik ke titik mati atas. Pergerakan ini mengakibatkan volume dari silinder berkurang, sehingga campuran bahan bakar dan udara akan terkompresi dan menyebabkan kenaikan tekanan dan temperatur didalam silinder ruang bakar.

Sesaat sebelum piston akan menyentuh titik mati atas, busi atau pemantik dinyalakan oleh tegangan tinggi dari listrik yang menghasilkan loncatan bunga api sehingga campuran udara dan bahan bakar yang telah terkompresi terbakar. Proses pemantikan busi sebelum piston menyentuh titik mati atas ini sangatlah penting, karena proses perambatan pembakaran bahan bakar membutuhkan waktu agar seluruh campuran bahan bakar terbakar.

3. Langkah kerja (*power stroke*)

Dengan timbulnya ledakan akibat dari pembakaran udara dan bahan bakar yang terkompresi maka temperatur dalam silinder akan naik menjadi sangat tinggi diikuti dengan kenaikan tekanan. Hal ini mengakibatkan piston terdorong dari titik mati atas kembali ke titik mati bawah. Gaya dorong inilah yang digunakan sebagai langkah untuk menghasilkan putaran dalam motor bakar pada kendaraan

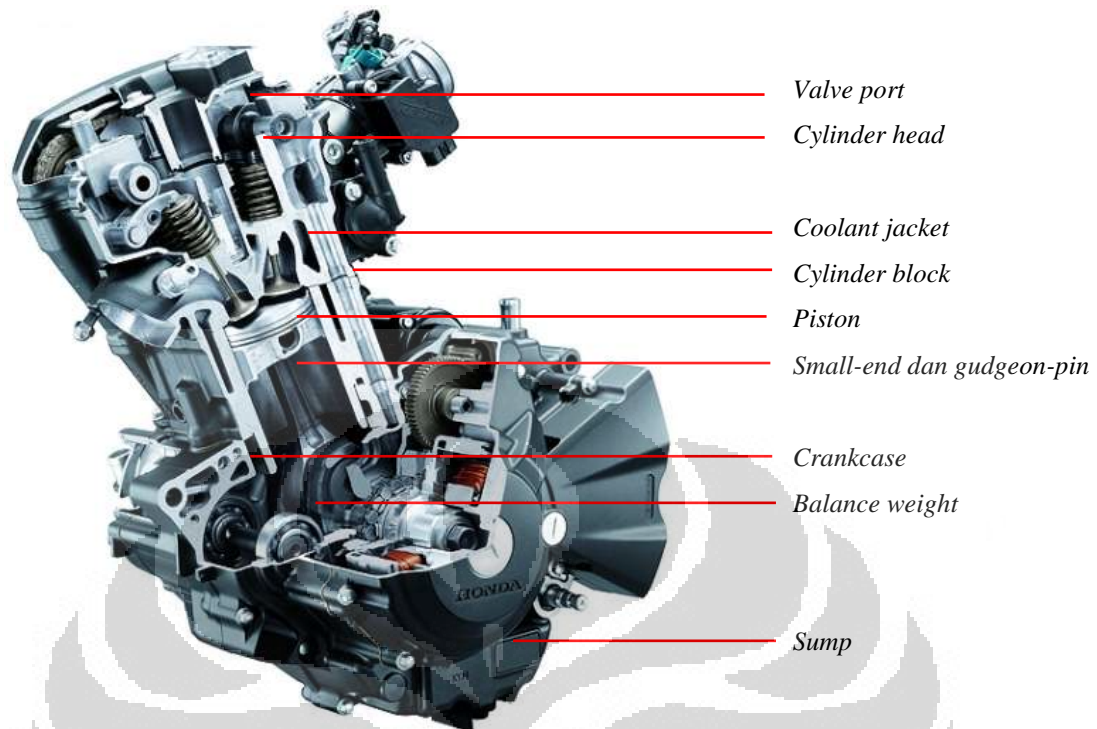
4. Langkah buang (*exhaust stroke*)

Sesaat langkah kerja berakhir, katup buang terbuka. Pada saat ini tekanan dan temperatur di dalam ruang bakar akan lebih tinggi dibanding dengan temperatur dan tekanan lingkungan maka pada saat katup *exhaust* di buka, perbedaan tekanan ini menyebabkan gas panas dalam ruang bakar terdorong keluar, ditambah lagi dengan mekanisme piston yang bergerak ke titik mati atas, maka gas sisa pembakaran yang berada dalam ruang silinder akan terdorong keluar. Kemudian langkah pertama terulang kembali dimana bahan bakar dan udara mengalir masuk dalam ruang bakar dan begitu pula seterusnya.

2.1.2 Konstruksi Dasar Mesin Otto

Konstruksi mesin Otto mengalami banyak perkembangan sejak awal diciptakannya tahun 1876, namun pada dasarnya konstruksi pada bagian intinya

masih tetap sama, seperti piston, *connecting rod*, *valve*, *cylinder* dan *flyweight*.



Gambar 2.2 : Gambar potongan konstruksi dasar mesin

(<http://azizyhore.wordpress.com/2010/10/29/menerawang-engine>, 31 Maret 2012)

Pada Gambar 2.2 terlihat bagian-bagian dari konstruksi dasar mesin Otto, adapun penjelasan perbagian mesin adalah sebagai berikut :

Cylinder block : Merupakan konstruksi utama dimana terdapat lubang silinder pembakaran, lubang *valve* serta busi, biasanya konstruksi blok terutama bagian silinder sangat kuat karena menahan tekanan kompresi dan ledakan pembakaran. Disekitar silinder juga terdapat *water jacket* yang menyelubungi block untuk sirkulasi air sebagai fluida pendingin.

Cylinder head : Merupakan bagian atas silinder blok dimana terdapat lubang *intake* dan *exhaust* serta busi, biasanya diantara silinder blok dan silinder *head* terdapat gasket sebagai penghilang celah.

Crankcase : Merupakan bagian bawah mesin yang berfungsi sebagai rumah *crankshaft* dan *bearing*, biasanya dibuat menjadi satu bagian dari silinder blok dan memiliki *water jaket* pada bagaian atas pada mesin dengan ukuran besar.

Valve : Bagian katup terdiri dari katub hisap dan buang, berfungsi sebagai pintu masuk campuran udara dan bahan bakar, penutup celah saat kompresi dan pintu keluar bagi sisa udara pembakaran.

Piston : Piston berfungsi mentransmisikan tekanan hasil pembakaran didalam *combustion chamber* ke *crankshaft* agar berputar, bagian atas dari piston disebut dengan *crown* (mahkota) dan sisi sampingnya di namakan *skirt*. Piston terbuat dari *cast iron*, baja atau aluminium.

Small end dan Gudgeon pin : *Small end* adalah bagian dari *connecting rod* yang lebih kecil dari ujung lainnya yang tersambung dengan piston melalui *gudgeon pin* untuk meneruskan gerakan naik turun piston.

Connecting rod : Merupakan bagian penghubung gerakan untuk meneruskan tekanan linear dari piston ke *crackshaft big end journal* yang akan merubah gerakan naik turun menjadi gerakan putaran.

Coolant jacket : *Coolant jacket* adalah celah didalam block untuk aliran fluida pendingin yang berfungsi menyerap kalor yang dihasilkan dari pembakaran didalam *chamber* agar dapat dialirkan keluar sehingga suhu mesin dapat terkontrol dengan baik. Pada mesin skutik yang akan digunakan dalam penelitian ini, tidak menggunakan *water jacket*, pendinginan adalah *fin* sebagai *heat exchanger* yang memanfaatkan aliran udara sebagai fluida pendingin.

Crankshaft : Tenaga yang digunakan untuk menggerakkan roda dihasilkan oleh putaran pada poros engkol (*crankshaft*). Poros engkol menerima beban dari piston dan *connecting rod* sehingga berputar pada kecepatan tinggi. *Crank journal* ditopang dengan *bearing* pada *crackcase*.

Balance weight : Merupakan pemberat yang disatukan pada *crankshaft*, untuk menjamin kesinambungan putaran yang dihasilkan *crankshaft* selama mesin beroperasi.

Flywheel : Roda penerus atau *flywheel* diikat pada *crankshaft* bagian belakang yang berfungsi untuk menyimpan tenaga putar (inertia) selama proses

langkah selain langkah kerja sehingga dapat menghasilkan putaran yang lembut pada mesin. Roda penerus biasanya dilengkapi dengan *gear* untuk koneksi *starter*.

Sump : Merupakan tempat penampungan oli mesin sebagai pelumas dan pembersih serpihan-serpihan metal dari gesekan yang terjadi pada mesin.

2.1.3 Performa Motor

Penilaian sebuah motor biasanya identik dengan *power* dan torsi tertinggi yang dapat dicapai menurut desain manufaktur setelah mempertimbangkan parameter ekonomi, *reliability* dan *durability* dengan perawatan yang teratur. Kecepatan maksimum dan torsi maksimum biasanya juga telah ditetapkan dari standar pabrikan. Oleh karena itu selama dua parameter tersebut masih banyak bergantung pada *displacement volume* dari silinder pembakaran, sehingga untuk dapat melakukan *comparative analyze* terhadap mesin dengan perubahan *input*, maka pengujian dilakukan pada kondisi normal kendaraan pada *stand* tanpa pengujian dinamik pada permukaan jalan yang akan memiliki banyak perbedaan.

Torsi (*torque*), adalah kemampuan mesin untuk menggerakkan atau memindahkan mobil/motor dari kondisi diam hingga berjalan. Torsi berkaitan dengan akselerasi. Pada saat kita merasakan tubuh kita terhempas ke belakang saat berakselerasi, menunjukkan besarnya angka torsi pada mesin tersebut. Rumus torsi adalah sebagai berikut :

$$T = \frac{F.L}{100} [N.m] \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan $F = \text{Balance reading added weight (N)}$

$L = \text{Torque arm length (mm)}$

Daya (*power*), adalah kemampuan untuk seberapa cepat kendaraan itu mencapai suatu kecepatan tertentu. Misalnya suatu mobil A dapat mencapai kecepatan 0-100km/jam hanya dalam waktu 10 detik, sementara mobil B mampu hanya dalam waktu 6 detik, dikarenakan mobil B memiliki angka *Power* yang lebih besar. Rumus untuk *power* adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{1000} \times \frac{2\pi n}{60} \times T \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan $n = \text{Revolution per minute (rpm)}$

Dari kedua persamaan diatas didapat :

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot F \cdot L}{6 \cdot 10^7} [kW] \dots\dots\dots(2.3)$$

Daya roda belakang (*rear wheel power*) atau disebut juga *True Rear Wheel Horsepower* merupakan salah satu faktor dalam perngukuran daya kendaraan yang menghitung besarnya daya yang sebenarnya terkirim sampai ke roda belakang. Daya ini merupakan *output* mesin yang sudah dipengaruhi oleh sistem pemindah daya serta sistem penggerak belakang dan roda kendaraan, sehingga daya roda belakang lebih mendekati daya yang sebenarnya pada actual pemakaian kendaraan.

Konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) adalah laju bahan bakar yang masuk keruang bakar dalam rentang waktu tertentu, konsumsi bahan bakar dapat dirumuskan sebagai :

$$FC = \frac{Vf \times 3600}{t \times 1000} \dots\dots\dots(2.4)$$

- dengan: FC = konsumsi bahan bakar (liter/jam)
- Vf = konsumsi bahan bakar selama t detik (mL)
- t = interval waktu pengukuran (detik)

Konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption*) adalah perbandingan antara laju bahan bakar yang masuk keruang bakar dengan tenaga yang dihasilkan oleh mesin, konsumsi bahan bakar spesifik dirumuskan sebagai :

$$SFC = \frac{FC \times \rho}{P} \dots\dots\dots(2.5)$$

- Dengan : SFC = *specific fuel consumption* (kg/kW . hour)
- ρ = berat jenis bahan bakar (kg/liter)
- P = *power* mesin (kW)

Berikut adalah data berat jenis dari beberapa bahan bakar umum yang banyak dijumpai dipasaran :

Tabel 2.1 : Berat jenis beberapa jenis bahan bakar

Bahan bakar	SI	British Unit
Crude Oil	0.88 (0.75 -0.98) kg/L	7.34 lb/gal
Gasoline	0.745 kg/L	6.22 lb/gal
Diesel	0.837 kg/L	7.00 lb/gal
Biodiesel	0.880 kg/L	
Ethanol	0.789 kg/L	6.58 lb/gal
Methanol	0.792 kg/L	6.61 lb/gal
Natural Gas	0.717 kg/m ³	44.8 lb/mcf

Sumber : Derek Supple, MIT Energy Club http://web.mit.edu/mit_energy

Tabel 2.1 merupakan daftar nilai berat jenis dari beberapa jenis bahan bakar yang umum dipakai atau dijumpai dipasaran, berat jenis paling rendah adalah gas alam yang memiliki berat jenis 0,717 kg/m³ atau 0,717 x 10³ kg/L sedangkan berat jenis paling tinggi adalah Biodiesel dengan nilai 0,88 kg/L yang setara dengan *Crude Oil*. Adapun bahan bakar yang dipai dalam penelitian ini adalah Gasoline dengan nilai berat jenis 0,745 kg/L.

2.1.4 Campuran Udara dan Bahan Bakar (*Air-Fuel Mixture*)

Campuran udara dan bahan bakar merupakan salah satu dari beberapa *variable* yang sangat berpengaruh pada performa motor bakar, selain *spark timing* dan gas buang (*exhaust gases*) yang diukur dari banyaknya NO_x yang keluar serta tekanan inlet (*inlet pressure*) yang akan berpengaruh pada *efficiency volumetric*. Kualitas campuran udara dan bahan bakar mempunyai peranan yang besar terhadap kenaikan ataupun penurunan bahan bakar, sehingga *variable* ini menjadi sangat penting untuk terus dikaji dan dikembangkan.

Bahan bakar yang paling banyak digunakan saat ini adalah senyawa kimia yang terdiri dari *carbon*, *hydrogen*, dan *oxygen*, sehingga banyak disebut bahan bakar hidrokarbon (*hydrocarbon fuel*). Secara umum bahan bakar hidrokarbon dirumuskan sebagai C_nH_mO_y. Untuk melakukan pembakaran bahan bakar hidrokarbon hanya akan tercapai jika dicampur dengan sejumlah udara dengan takaran yang sesuai, sehingga dalam karburator sepeda motor terdapat venturi dan

jet yang berfungsi untuk mengatur banyaknya bahan bakar yang keluar berdasarkan tekanan vakum yang dihasilkan dari hisapan piston pada ruang bakar.

Udara pada kondisi normal merupakan campuran dari beberapa unsur kimia seperti *Nitrogen*, *Oxygen*, *Argon* dan *Carbondioxide* serta unsur-unsur yang lain. Tabel berikut menunjukkan komposisi relatif dari unsur utama pada udara :

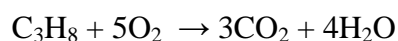
Tabel 2.2 : Unsur kimia utama dalam udara kering

Gas	Ppm by volume	Molecular weight	Mole fraction	Molar ratio
O ₂	209.500	31.998	0.2095	1
N ₂	780.900	28.012	0.7905	3.773
Ar	9.300	39.948		
CO ₂	300	44.009		
Air	1000.000	28.962	1.0000	4.773

(Heywood, John B : *Internal Combustion Engine Fundamental*)

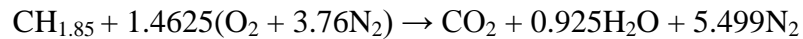
Pada tabel 2.2 unsur kimia didalam udara paling banyak adalah Nitrogen dengan nilai Ppm (*part per million*) dalam satu volume mencapai 780,900 sedangkan oxygen hanya 209,500. Namun berdasarkan berat *molecular* unsur kimia terberat dalam udara adalah CO₂ dengan nilai 44,009 dan teringan adalah Nitrogen dengan nilai 28,012.

Jika terdapat unsur oksigen yang mencukupi dalam udara maka bahan bakar hidrokarbon dapat teroksidasi secara sempurna. Unsur karbon dari bahan bakar akan bereaksi dengan oksigen menjadi CO₂ sedangkan unsur hidrogen akan menjadi air H₂O. Secara umum reaksi kimia antara hidrokarbon dengan oksigen adalah



Namun di udara juga terdapat unsur nitrogen sebagai unsur dengan jumlah molekul terbanyak, akan tetapi pada suhu normal nitrogen tidak menimbulkan efek yang signifikan terhadap reaksi pembakaran sehingga kita akan tetap menemukan N₂ sebagai hasil reaksi *hydrocarbon fuel* terhadap udara.

Kita dapat merepresentasikan bensin (*gasoline*) sebagai hidrokarbon fuel dengan rumus $\text{CH}_{1.85}$ sedangkan kita tulis unsur utama yaitu N_2 dan O_2 sehingga *stoichiometry* pembakarannya adalah sebagai berikut :



Selanjutnya untuk menghitung perbandingan udara dan bahan bakar secara *stoichiometry*, kita dapat mengalikan jumlah mol dalam reaksi diatas dengan *atomic molecular weight* dari tiap unsur yang kita dapatkan dari *periodic table of element* :

19	←	atomic number
K	←	atomic symbol
39.0983	←	atomic weight

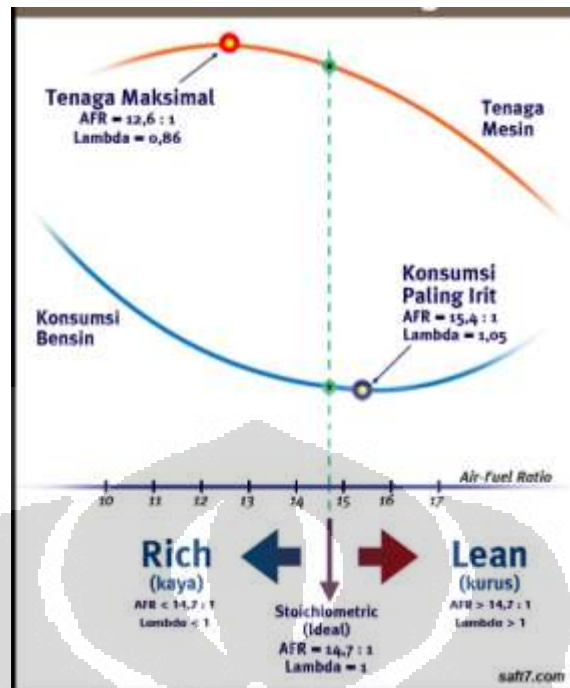
$$\text{Udara (air)} : 1.4625 (1 + 3.76) * 28.97 = 201.67$$

$$\text{Bensin (fuel)} : 1 * 13.85 = 13.85$$

Sehingga perbandingan udara dan bahan bakar yang kita dapatkan adalah $A/F = 201,67 : 13,85 = 1 : 14,56$ perbandingan ini biasa disebut dengan perbandingan udara dan bahan bakar ideal stoikiometri (*ideal stoichiometric comparison*).

Pada kenyataannya perbandingan ideal sangat jarang tercapai, pada saat mulai pengoperasian mesin biasanya campuran akan gemuk atau bahan bakar lebih banyak, hal ini agar mesin mudah untuk di *starter* sedangkan saat rpm sudah mulai stabil biasanya campuran akan lebih kurus atau udara lebih banyak.

Perbandingan ini juga berpengaruh pada tenaga mesin yang dihasilkan oleh kendaraan, Untuk menghasilkan tenaga mesin yang tinggi maka campuran bahan bakar dan udara menjadi lebih gemuk dari kondisi ideal, sebaliknya untuk tenaga mesin yang rendah maka campuran udara dan bahan bakar dapat lebih kurus dari ideal. Gambar 2.3 berikut ini adalah grafik pengaruh *air fuel ratio* terhadap tenaga mesin yang dihasilkan :



Gambar 2.3 : Grafik pengaruh air fuel ratio terhadap tenaga mesin

(Sumber : <http://www.saft7.com> 24 Maret 2012)

2.2 Pendingin Termoelektrik (*Thermoelectric Cooler*)

Dua logam yang berbeda disambungkan dan kedua ujung logam tersebut dijaga pada temperatur yang berbeda, maka akan ada lima fenomena yang terjadi, yaitu fenomena efek joule, efek fourier, efek seebeck, efek peltier dan efek thomson. Efek peltier ditemukan oleh Jean Charles Athanase Peltier pada tahun 1834 M dengan memberikan tegangan pada dua sambungan logam yang berbeda menghasilkan perbedaan temperatur. Hasil penemuan ini diikuti dengan perkembangan teknologi material semikonduktor menghasilkan alat yang dinamakan pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*). Teknologi ini berkembang dengan pesat baik pada bidang aplikasi pendinginan maupun pemanasan setelah adanya perkembangan material semikonduktor.

2.2.1 Prinsip Kerja Pendingin Termoelektik

Prinsip kerja pendingin termoelektrik berdasarkan efek peltier, yaitu ketika arus DC dialirkan ke elemen peltier yang terdiri dari beberapa pasang sel semikonduktor tipe p (semikonduktor yang mempunyai tingkat energi yang lebih

rendah) dan tipe n (semikonduktor dengan tingkat energi yang lebih tinggi), akan mengakibatkan salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi lainnya menjadi panas (kalor dilepaskan).

Hal yang menyebabkan sisi dingin elemen peltier menjadi dingin adalah mengalir elektron dari tingkat energi yang lebih rendah pada semikonduktor tipe-p, ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu semikonduktor tipe-n. supaya elektron tipe p yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah dapat mengalir maka elektron menyerap kalor yang mengakibatkan sisi tersebut menjadi dingin. Sedangkan pelepasan kalor ke lingkungan terjadi pada sambungan sisi panas, dimana elektron mengalir dari tingkat energi yang lebih tinggi (semikonduktor tipe-n) ke tingkat energi yang lebih rendah (semikonduktor tipe-p), untuk dapat mengalir ke semikonduktor tipe p, kelebihan energi pada tipe n dibuang ke lingkungan sisi tersebut menjadi panas.



Gambar 2.4 Skema aliran peltier (<http://ixbtlabs.com/articles/peltiercoolers/>)

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 penyerapan kalor dari lingkungan terjadi pada sisi dingin yang kemudian akan dibuang pada sisi panas dari modul peltier. Sehingga nilai kalor yang dilepaskan pada sisi panas sama dengan nilai kalor yang diserap ditambah dengan daya yang diberikan ke modul.

$$Q_h = Q_c + P_{in} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

Q_h = kalor yang dilepaskan pada bagian *hot side* elemen Peltier (Watt)

Q_c = kalor yang diserap pada bagian *cold side* elemen Peltier (Watt)

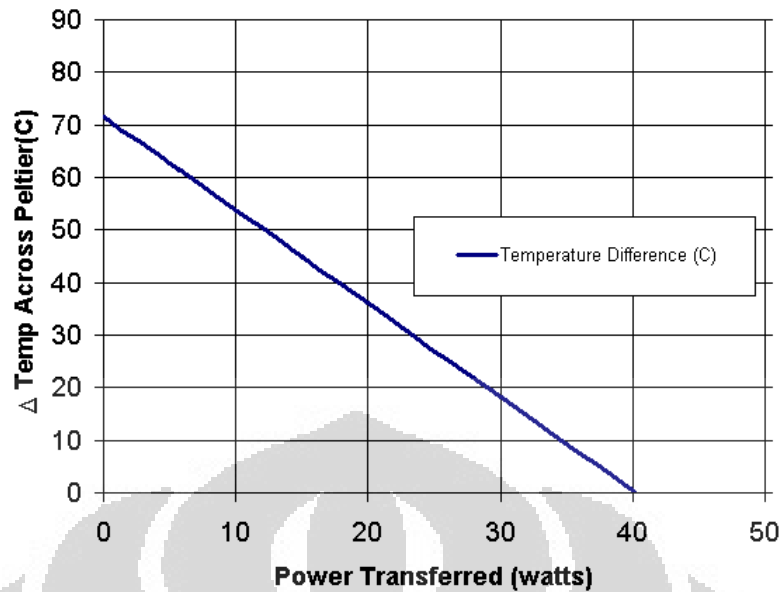
P_{in} = daya *input* (Watt)

Elektron mengalir dari semikonduktor pada tipe p yang kekurangan energi, menyerap kalor pada bagian yang didinginkan kemudian mengalir ke semikonduktor tipe n. Semikonduktor tipe n yang kelebihan energi membuang energi tersebut ke lingkungan dan mengalir ke semikonduktor tipe p dan seterusnya.

2.2.2 Karakteristik Dasar *Peltier Element*

Elemen peltier akan bekerja ketika arus DC mulai mengalir, sisi dingin akan mulai menyerap kalor dan sisi panas akan melepaskannya, perbedaan suhu antara sisi dingin dan sisi panas pada pendingin termoelektrik biasa disebut Delta T, atau pada kondisi maksimal disebut delta Tmax, nilainya adalah berkisar antara 70 derajat Celcius. Namun hal ini tidaklah berarti bahwa setiap arus yang dialirkan ke elemen peltier akan menghasilkan delta T 70°C. Terdapat dua hal mendasar yang harus dipertimbangkan :

1. Delta T maksimum hanya akan terjadi jika element Peltier tidak mengalirkan panas sedikitpun, situasi seperti ini tidak dapat terjadi pada proses pendinginan yang sebenarnya. Delta T yang sebenarnya adalah fungsi linear negatif dari *power* listrik yang memasuki element, sebagai contoh dari fungsi tersebut untuk TEC (*Thermal Electric Cooler*) yang umum dipakai adalah seperti Gambar 2.5 mengenai perbandingan delta T dengan *power* listrik pada element peltier. Dapat kita lihat dari Gambar 2.5 bahwa ketika kita menginginkan delta T 55°C maka kita harus mengkondisikan *power* listrik pada 10W dan ketika tenaga listrik mencapai 40W maka delta T akan menjadi nol. Oleh karena itu tenaga listrik harus dijaga pada nilai yang rendah agar delta T yang dihasilkan cukup tinggi.



Gambar 2.5 : Grafik perbandingan delta T dengan *power* listrik pada element peltier (Sumber : Tillmann Steinbrecher, <http://www.heatsink-guide.com/content.php?content=peltierinfo-2.shtml>, 25 April 2012)

- Selain mengangkut panas, peltier elemen juga akan menghasilkan panas yang cukup tinggi. Jadi, *heat sink* yang kita gunakan harus dapat mengusir panas dengan efektif, semakin baik pembuangan panas pada sisi *hot* maka akan semakin baik sisi *cold* menurunkan suhu.

Selain karakter diatas pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) memiliki beberapa kelebihan antara lain ketahanan alat yang baik, tidak menimbulkan suara, tidak adanya bagian mekanikal yang bergerak sehingga tidak menimbulkan getaran, perawatan yang mudah, ukuran yang kecil, ringan, ramah terhadap lingkungan karena tidak menggunakan refrigerant yang dapat merusak lapisan ozon di atmosfer.

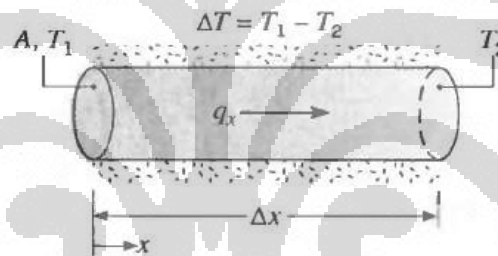
Termoelektrik dapat juga digunakan pada lingkungan yang sensitif, ketelitian kontrol temperatur $\pm 0.1^{\circ}$ C dapat dicapai dengan menggunakan termoelektrik. Sedangkan kelemahan termoelektrik adalah efisiensi yang rendah dan adanya kondensasi pada suhu tertentu. Sehingga sampai saat ini pendingin termoelektrik hanya efektif pada aplikasi untuk objek pendinginan dengan volume kecil dan daya yang kecil.

2.3 Perpindahan Kalor Pada Air Cooler

Perpindahan Kalor yang terjadi pada *Air Cooler* pada *ducting* aliran *intake* sepeda motor adalah dengan cara konduksi dan konveksi, perpindahan panas dari udara ke permukaan *heat sink* terjadi secara konveksi, kemudian merambat dan diserap oleh peltier sehingga dapat dialirkan keluar oleh *heat exchanger* terjadi secara konduksi

2.3.1 Perpindahan Kalor Konduksi

Perpindahan kalor yang terjadi secara konduksi merupakan perpindahan kalor/panas tanpa diikuti oleh perpindahan dari molekul dari benda tersebut. Konduksi juga dapat dikatakan sebagai transfer energi dari sebuah benda yang memiliki energi yang cukup besar menuju ke benda yang memiliki energi yang rendah.



Gambar 2.6 Konduksi dalam keadaan tunak *steady state conduction*

(Sumber : Incropera, *Fundamental of heat transfer*)

Pada Gambar 2.6 kalor q_x mengalir pada suatu tabung dengan luas area A dan panjang Δx dari temperatur T_1 menuju temperatur T_2 maka ΔT yang didapat adalah T_1 dikurangi T_2 . Material tabung juga berpengaruh pada tingkat rambatan kalor atau yang dikenal dengan konstanta konduktivitas thermal dengan symbol k , sehingga persamaan yang digunakan untuk perpindahan kalor konduksi seperti yang diperkenalkan oleh Fourier, yaitu :

$$q_x = -k A \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} \dots \dots \dots (2.7)$$

Untuk mencari nilai tahanan termal dari suatu material padatan digunakan rumus :

$$R = \frac{T_0 - T_1}{q} = \frac{l}{kA} \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana :

q = energi kalor (W)

k = konduktivitas thermal (W/m.K)

A = luas permukaan (m^2)

Δx = tebal penampang permukaan (m)

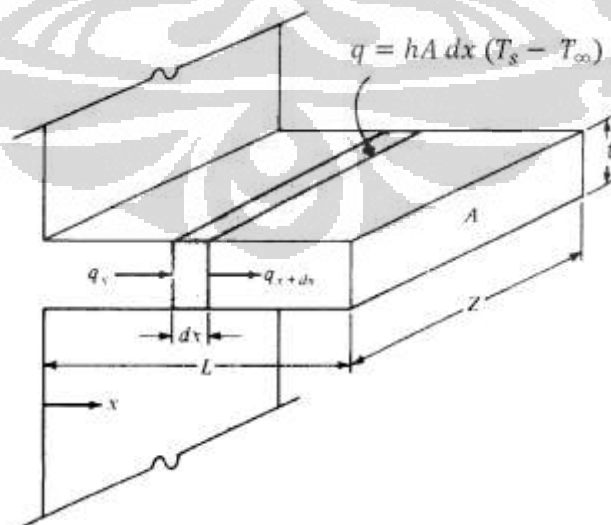
T_1 = Temperatur yang lebih tinggi (K)

T_2 = Temperatur yang lebih rendah (K)

Nilai minus, (-) dalam persamaan diatas menunjukkan bahwa kalor selalu berpindah ke arah temperatur yang lebih rendah.

2.3.2 Perpindahan Kalor Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor yang terjadi akibat adanya pergerakan molekul pada suatu zat, gerakan inilah yang menyebabkan adanya transfer kalor. Konveksi sendiri dapat dibagi menjadi dua, yaitu konveksi bebas atau konveksi alamiah dan konveksi paksa. Konveksi bebas atau konveksi alamiah terjadi apabila pergerakan fluida dikarenakan gaya apung (*bouyancy force*) akibat perbedaan densitas fluida tersebut. Perbedaan kerapatan itu sendiri bisa terjadi karena adanya perbedaan temperatur akibat proses pemanasan. Sedangkan pada konveksi paksa pergerakan fluida terjadi akibat oleh gaya luar seperti dari kipas (*Fan*) atau pompa udara.



Gambar 2.7 Sketsa perpindahan kalor konduksi-konveksi pada satu dimensi

(Sumber : J.P. Holman, *Heat Transfer Sixth Edition*)

Seperti terlihat pada gambar 2.7 perpindahan kalor terjadi secara konduksi dan konveksi pada suatu sirip (*fin*), kalor q_x mengalir secara konduksi dari dinding x kemudian mengalami konveksi dengan udara sekitar pada setiap luasan sirip (*fin*). *Fin* dengan luas area A dan panjang L serta panjang potongan (*perimeter*) adalah dx mengalami perpindahan kalor konveksi pada setiap *perimeter* berlaku hukum pendinginan Newton, yaitu :

$$q = hA dx (T_s - T_\infty) \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana :

q = energi kalor (W)

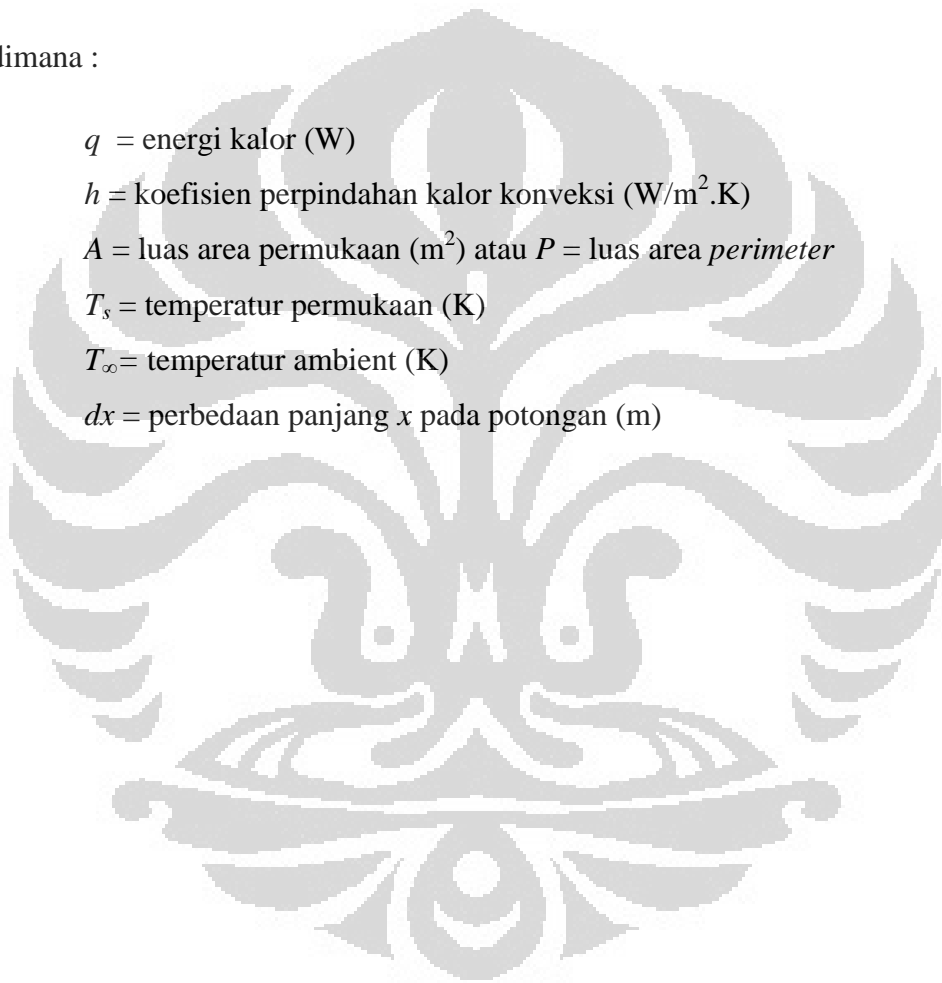
h = koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2.K$)

A = luas area permukaan (m^2) atau P = luas area *perimeter*

T_s = temperatur permukaan (K)

T_∞ = temperatur ambient (K)

dx = perbedaan panjang x pada potongan (m)



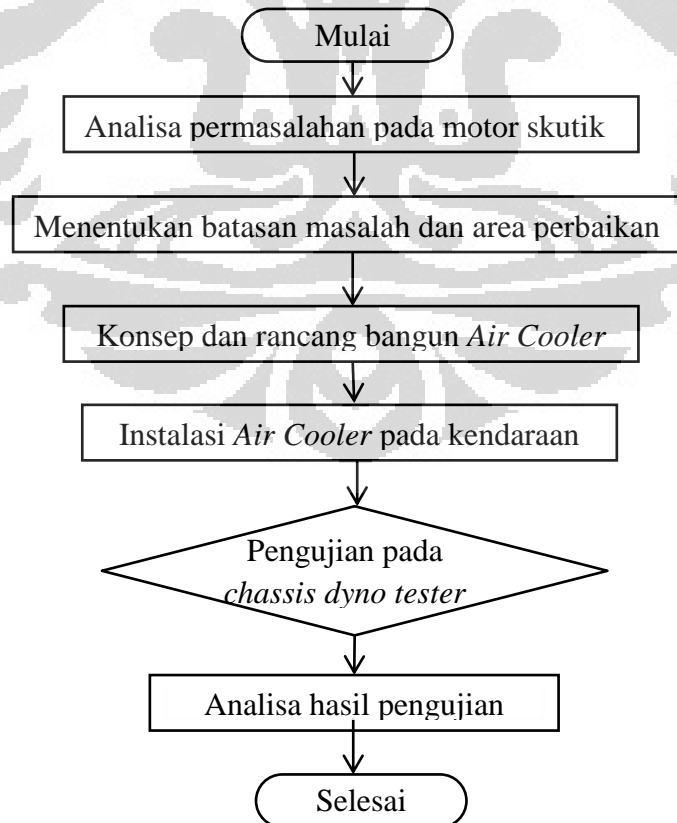
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental, yaitu melakukan pengujian alat pendingin udara (*air cooler*) pada kendaraan untuk mengetahui hubungan antara performa yang dihasilkan kendaraan sepeda motor tipe skutik dengan perbaikan suhu udara *input* dari lingkungan yang akan diproses pada pembakaran. Perbaikan dilakukan dengan menurunkan suhu *input* pada suhu rendah sehingga diharapkan kerapatan partikel udara akan meningkat.

Pengaruh dari pendingin udara (*air cooler*) terhadap suhu *intake* akan diukur menggunakan *thermocouple* dan dilakukan performa test terhadap kendaraan uji. Hasil uji akan dibandingkan antara sebelum dipasang pendingin udara (*air cooler*) dan setelah dipasang. Adapun skematik diagram alir mengenai metode dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



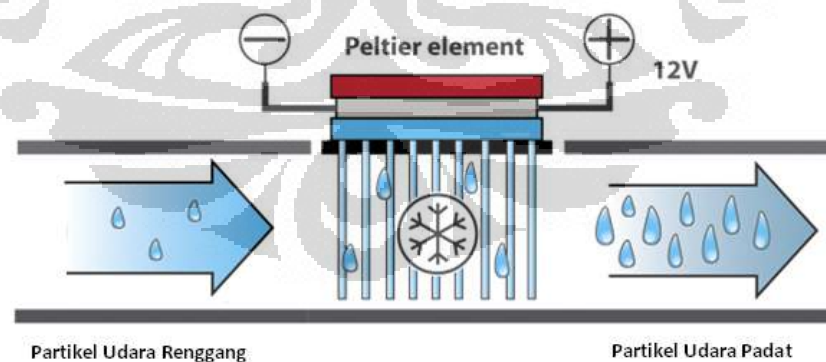
Gambar 3.1 : Diagram alir metode penelitian

Seperti tercantum dalam Gambar 3.1 diagram alir metode penelitian, penelitian ini dimulai dengan menganalisa permasalahan pada sepeda motor skutik, kemudian dari permasalahan-permasalahan yang ada kita batasi masalah yang akan dibahas dan area yang akan difokuskan untuk dilakukan perbaikan. Selanjutnya adalah pembuatan konsep *air cooler*, dan dilanjutkan rancang bangun *air cooler* sampai alat dapat berfungsi dengan baik, setelah itu alat yang telah dibuat dipasang pada kendaraan uji untuk dilakukan pengujian menggunakan *chassis dyno tester*. Langkah terakhir adalah evaluasi terhadap seluruh alat dan proses pengujian untuk selanjutnya dilakukan analisa hasil.

3.2 Konsep Desain Pendingin Udara (*Air Cooler*)

Dalam tujuan penelitian yang telah dikemukakan sebelumnya pada bab Pendahuluan, perbaikan suhu *input* udara yang akan digunakan dalam pembakaran adalah dengan mengkondisikan suhu udara tersebut pada suhu rendah sehingga kerapatan antar partikel udara semakin meningkat. Penurunan suhu dilakukan dengan memasang element Peltier pada beberapa posisi di *Air Duct* kendaraan dengan *cold sink* ditempatkan pada bagian dalam dan *heat sink* ditempatkan pada bagian luar.

Konsep desain pendingin udara pada penelitian ini adalah seperti dalam Gambar 3.2 berikut ini :



Gambar 3.2 : Konsep desain pendingin udara dengan element peltier

Partikel-partikel udara yang mengalami peregangan akibat kondisi udara lingkungan yang panas dilewatkan pada *cold sink* yang telah direkatkan pada peltier elemen sisi permukaan dingin. *Cold sink* akan menyerap panas dari aliran

udara sehingga udara kembali menjadi dingin dan kerapatan antar partikel akan meningkat.

Pada bagian luar *air duct*, permukaan panas dari element Peltier di rekatkan dengan *heat sink* yang berfungsi membuang panas ke luar. Semakin baik pembuangan panas pada *heat sink* maka suhu yang tercipta pada *cold sink* akan semakin rendah sehingga dalam perancangan ini ditambahkan kipas yang diharapkan dapat menciptakan aliran udara yang lebih cepat pada permukaan sirip *heat sink* sehingga dapat membuang panas lebih efektif.

3.2.1 Posisi Pendingin Udara (*Air Cooler*) Pada Kendaraan

Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, posisi *air cooler* pada penelitian ini ditempatkan pada *air duct* kendaraan sepeda motor skutik, hal ini didasarkan pertimbangan bahwa fungsi *air duct* pada kendaraan skutik adalah sebagai pengumpul dan penstabil aliran udara sebelum melewati karburator. Maka didalam *air duct* ini aliran udara akan mengalami jeda sesaat yang dapat diberikan perlakuan pendinginan dengan *cold sink* yang telah direkatkan pada bagian permukaan dingin Peltier elemen.

Adapun gambar posisi *air duct* pada kendaraan skutik merk “X” adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 : Posisi air duct pada sepeda motor skutik merk “X”

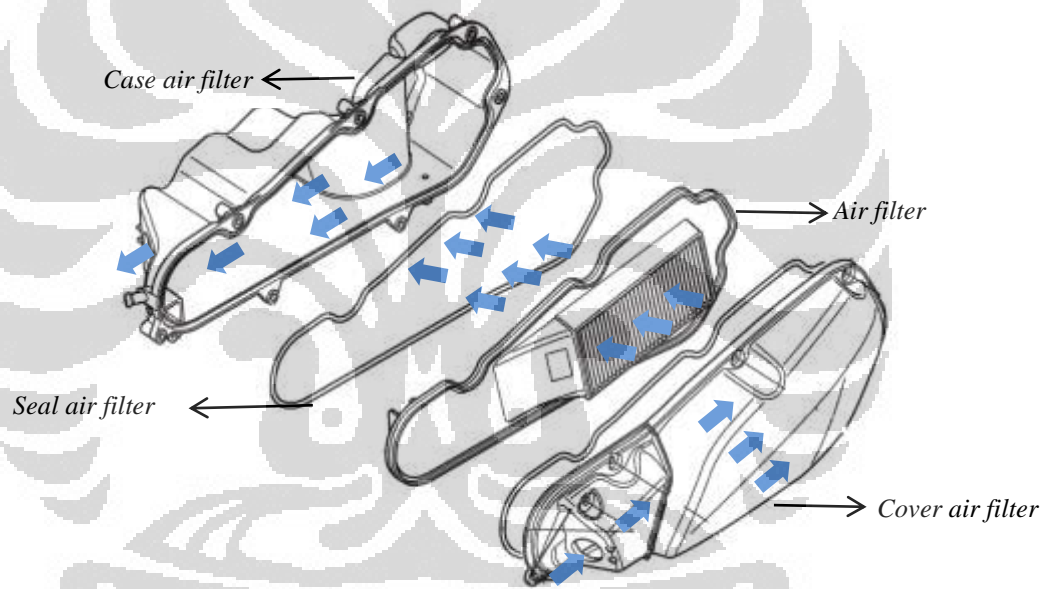
(<http://motorplus.otomotifnet.com>, 5 Maret 2012)

Dari Gambar 3.3 di atas terlihat bahwa posisi *air duct* berada disamping kiri bagian luar kendaraan, sehingga modifikasi *air duct* dengan penambahan *cooler* menggunakan element Peltier akan lebih mudah.

3.2.2 Aliran Udara Pada Saluran Udara (*Air Duct*)

Selanjutnya sebelum membuat rancangan pendingin udara (*air cooler*) menggunakan element peltier, hal penting yang harus diketahui adalah aliran udara yang terjadi pada *air duct* kendaraan skutik merk “X”.

Aliran udara yang terjadi pada *air duct* merk “X” adalah seperti dalam ilustrasi berikut:



Gambar 3.4 : Aliran udara didalam *air duct* sepeda motor skutik

(Sumber : Parts Catalog 2 <http://www.astra-honda.com/index.php/katalog>, akses tanggal 5 Maret 2012)

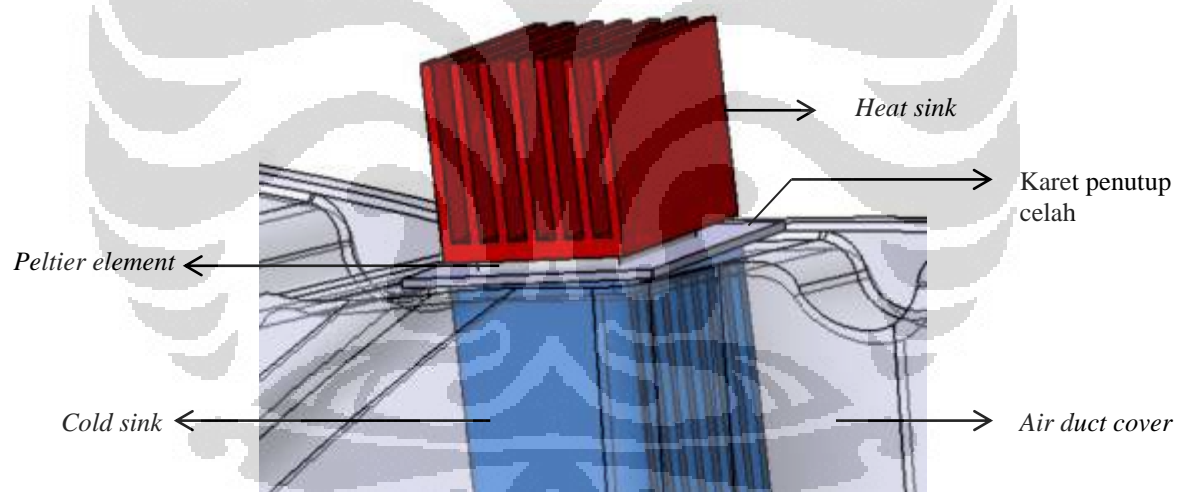
Pada Gambar 3.4 terlihat bahwa udara mengalir masuk kedalam *air duct* dari lubang bagian depan, lalu mengumpul didalam *air duct cover* bagian samping dan kemudian melewati *air filter* yang berada ditengah-tengah *air duct*. Selanjutnya udara mengalir pada *case air filter* dan diteruskan ke *intake manifold*.

3.3 Rancang Bangun Pendingin Udara

Pada proses perancangan pendingin udara (*air cooler*), terlebih dahulu menentukan penempatan *heat sink* dan *cold sink* pada *air duct* dengan mempertimbangkan bentuk asli dari *air duct* yang telah didesain oleh pabrikan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan ini antara lain; penampang dari *air duct* harus mencukupi untuk dimodifikasi sebagai tempat braket dan *heat sink*, merupakan jalur aliran udara yang baik (bukan *chamber*) agar udara dapat bersinggungan dengan permukaan (*surface*) dari *cold sink* sebagai penyerap panas, pada bagaian luar dapat dipasang *heat sink* yang tidak terinterferensi oleh komponen kendaraan lain yang bergerak seperti roda, *shock-absorber* dan lain-lain.

Secara sederhana rancangan dari pendingin udara adalah sebagai berikut :



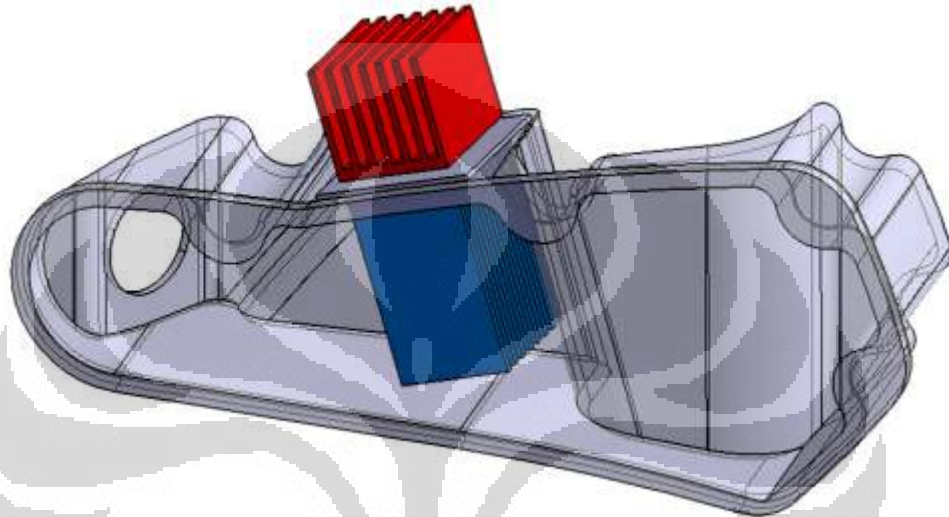
Gambar 3.5 Rancangan pendingin udara dengan Peltier element

Seperti terlihat pada Gambar 3.5, element Peltier diletakkan ditengah-tengah antara *cold sink* dan *heat sink*, lembaran karet digunakan untuk menutupi lubang dengan direkatkan pada *air duct cover* agar aliran udara tidak bocor dan bagian pendingin tidak ada kontak dengan udara luar, pada bagian *heat sink* diberi tambahan kipas agar pertukaran kalor semakin baik.

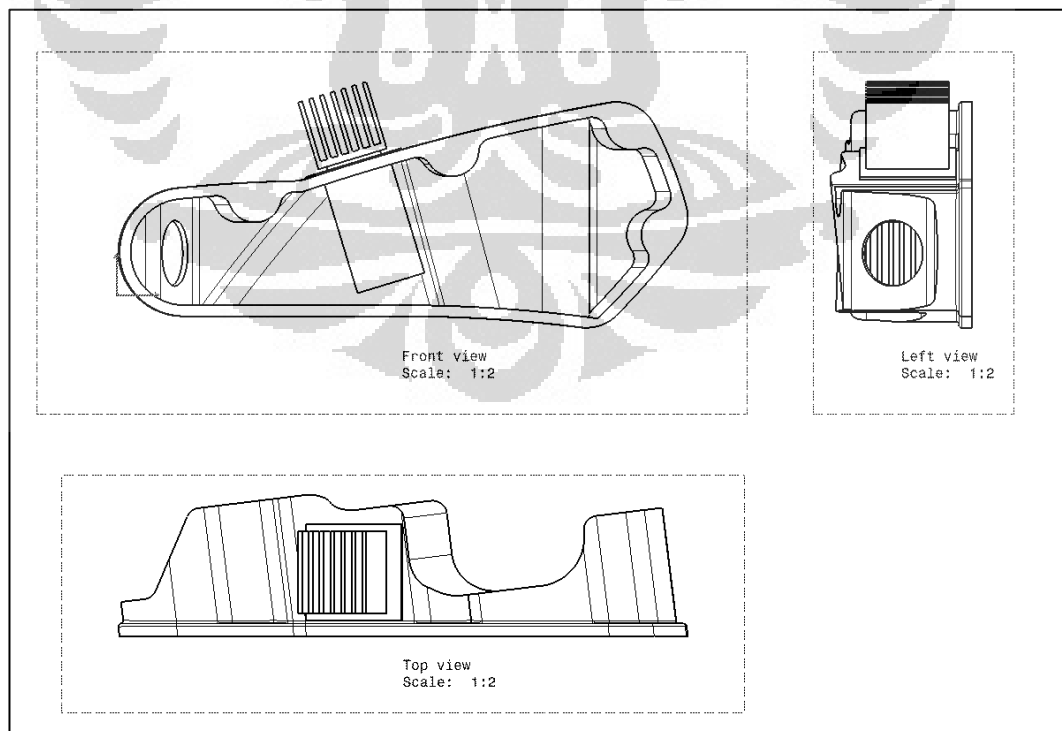
Secara garis besar terdapat dua lokasi penempatan pendingin udara (*air cooler*) pada *air duct*, pertama adalah dibagian *cover* depan yang merupakan

tempat awal masuk aliran udara sebelum melewati penyaring udara, kedua adalah bagian *cover* belakang yang merupakan lintasan aliran udara sebelum memasuki leher *venturi* yang dihubungkan dengan selang karet (*hose*).

Berikut adalah gambar rancangan *air cooler* bagian depan dan belakang yang dibuat dengan *software* Catia 5V19 :

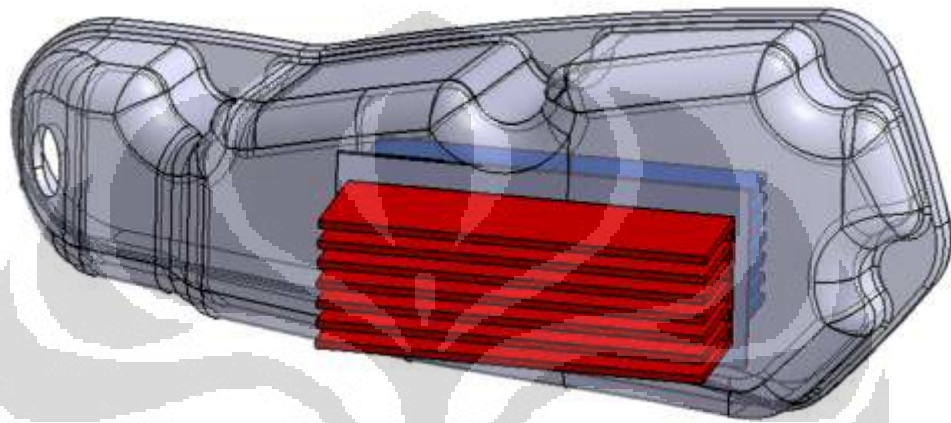


Gambar 3.6 : Gambar 3D *air cooler* pada *air duct cover* bagian belakang

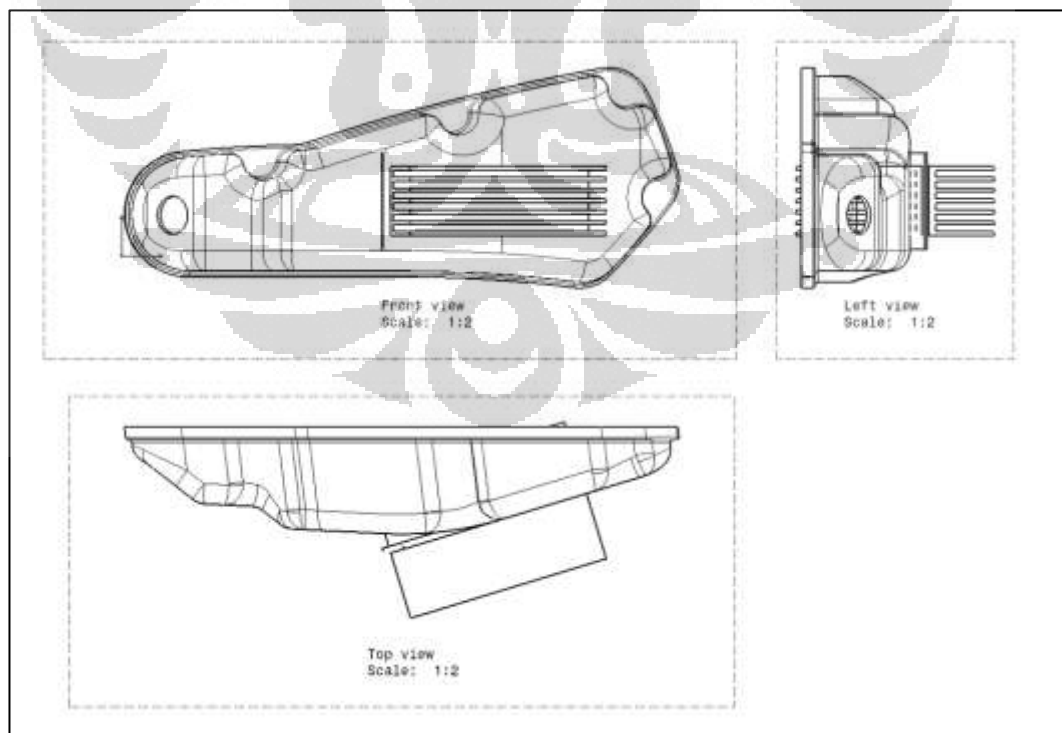


Gambar 3.7 : Gambar 2D *air cooler* pada *air duct cover* bagian belakang

Gambar 3.6 merupakan gambar 3 dimensi *air cooler* pada *air duct cover* bagian belakang, bagian atas cover adalah *heat sink* dan bagian bawah adalah *cold sink*, lubang pada bagian samping kiri merupakan saluran menuju *intake manifold*. Sedangkan Gambar 3.7 merupakan rancangan 2 dimensi *air cooler* pada *air duct cover* bagian belakang yang dibuat pada kertas A3 dengan skala 1:2 menggunakan Proyeksi Eropa yang diwakili dengan tiga pandangan; pandangan depan (*front view*), pandangan atas (*top view*) dan pandangan samping (*left view*).



Gambar 3.8 : Gambar 3D *air cooler* pada *air duct cover* bagian depan



Gambar 3.9 : Gambar 2D *air cooler* pada *air duct cover* bagian depan

Gambar 3.8 merupakan gambar 3 dimensi *air cooler* pada *air duct cover* bagian depan, bagian samping cover adalah *heat sink* dan bagian dalam adalah *cold sink*, lubang pada bagian kiri gambar merupakan saluran menuju masuk dari udara luar. Sedangkan Gambar 3.9 merupakan rancangan 2 dimensi *air cooler* pada *air duct cover* bagian depan yang dibuat pada kertas A3 dengan skala 1:2 menggunakan Proyeksi Eropa, diwakili dengan tiga pandangan; pandangan depan (*front view*), pandangan atas (*top view*) dan pandangan samping (*left view*).

Langkah selanjutnya adalah melakukan proses pembuatan *air cooler* sesuai dengan rancangan seperti digambarkan diatas, adapun bentuk *heat sink* dan *cold sink* yang dipakai adalah menyesuaikan bentuk yang terdapat dipasaran dengan mempertimbangkan fungsi dan bentuk yang sesuai.

Adapun komponen-komponen yang dibutuhkan dalam rancang bangun pendingin udara pada *air duct* sepeda motor skutik ini adalah :

1. *Duct air cleaner assy*, merupakan *spare part* dari sepeda motor skutik merk "X" yang didapatkan dari dealer resmi untuk dilakukan modifikasi
2. *Heat sink* dan *cold sink*, untuk bagian depan menggunakan *heat sink* dan *cold sink* Net Cooler yang biasa digunakan untuk pendingin *processor* komputer pentium 4 socket LGA478 (Northwood). Sedangkan bagian belakang menggunakan *heatsink* Cooler Master A73 socket LGA478 dan *coldsink* Zalman CP-92A-02 untuk Intel socket 1155 dengan sirip pendingin horizontal dan terdapat 4 *fin tube* dari tembaga.
3. *Peltier element*, pada penelitian ini elemen Peltier yang digunakan adalah tipe TEC1-12706 dengan spesifikasi sebagai mana tercantum pada Tabel 3.1

Pada Tabel 3.1 spesifikasi peltier element, beberapa point penting yang harus diperhatikan antara lain adalah ampere maksimum tidak boleh melebihi 6,4 A dan tegangan maksimum tidak boleh melebihi 14,4 volt untuk 25 °C dan 16,4 volt untuk 50 °C, sedangkan suhu kerja maksimum adalah 138 °C.

Tabel 3.1 Spesifikasi peltier element

Type	TEC1-12706	
Hot side temperature	25°C	50 °C
Q max (Watt)	50	57
Delta T max (°C)	66	75
I max (Ampere)	6.4	6.4
V max (Volt)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohm)	1.98	2.3
Max. Operating Temperature	138°C	
Life time expectancy	200,000 hours	
Failure rate	0.2%.	
Ceramic Material	Alumina (Al ₂ O ₃)	
Solder Construction	138°C, Bismuth Tin (BiSn)	

Sumber : <http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.datasheet/TEC1-12706.pdf>

4. *Thermal paste*, untuk menghilangkan kemungkinan adanya udara yang terjebak diantara sambungan peltier element dan komponen lain (baik *heat sink* maupun *cold sink*) akibat kerataan dari komponen tersebut yang tidak sempurna, digunakan pasta khusus yang dapat menghantarkan *thermal* dengan baik. Dalam hal ini dipilih TG-2 dari Thermaltake dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.2 Spesifikasi thermal paste

Part Number	TG-2 CL-O0028
Net Wight	4g
Color	Gray
Thermal Conductivity	1.5 W/m.K
Temperature Resistance	-40°C ~ 150°C
Evaporation (120 °C x 24 hours)	<0.1%

Sumber : www.thermaltake.com

Pada Tabel 3.2 pasta yang digunakan memiliki konduktifitas termal 1,5 W/m.K hal ini menjadi pertimbangan utama karena semakin tinggi nilainya akan semakin baik untuk digunakan, sedangkan pertimbangan lain yaitu laju penguapan pada temperature 120 °C selama 24 jam adalah kurang dari 0,1%.

5. *Power supply*, digunakan untuk memberikan tegangan masukan baik untuk setiap elemen Peltier 5 Volt DC maupun untuk kipas pendingin 12 Volt DC.
6. Komponen dan bahan pendukung seperti : *aluminium bracket*, *rubber*, lem dextone, autosealer, baut pengunci serta kabel.

Setelah semua komponen pendukung terkumpul maka proses fabrikasi pembuatan pendingin udara dapat dilakukan, adapun langkah-langkah pembuatan pendingin udara berbasis peltier ini adalah sebagai berikut :

- **Pertama** langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan posisi yang tepat berdasarkan aliran udara yang terjadi di *air duct*.
- **Kedua** pengukuran luas area yang akan dipasang *heat & coldsink* sesuai dimensi yang didapatkan dipasaran, selanjutnya dilubangi.
- **Ketiga** pasang *bracket* pengunci antara *heatsink* dan *coldsink*.
- **Keempat** memasang element Peltier dengan terlebih dahulu mengoleskan *thermalpaste* pada permukaan baik *sink* maupun Peltier.
- **Kelima** menutup lubang agar udara tidak bocor dengan *rubber* dan sealer perekat.
- **Keenam** membuat jalur kabel agar rapi tidak tersangkut oleh putaran roda belakang saat dilakukan pengujian performa

Berikut adalah *air cooler* yang telah dibuat dalam penelitian ini :



Gambar 3.10 : Pendingin udara pada *air duct cover* bagian belakang

Gambar 3.10 merupakan pendingin udara pada *air duct cover* bagian belakang, dimana bagian bawah adalah *cold sink* dengan empat sirip tabung tembaga (*cooper fin tube*) dan bagian atas adalah *heat sink* dengan penambahan fan agar perpindahan panas kelingkungan semakin baik. Selanjutnya pada Gambar 3.11 merupakan pendingin udara pada *air duct cover* bagian depan, dimana pada gambar ini yang terlihat hanya *heat sink* saja sedangkan *cold sink* berada pada sisi sebaliknya. Berikut adalah gambar pendingin udara bagian depan :



Gambar 3.11 : Pendingin udara pada *air duct cover* bagian depan

Setelah dua bagian utama selesai, langkah selanjutnya adalah perakitan antara pendingin udara bagian depan dan belakang, sehingga secara keseluruhan konstruksi dari pendingin udara adalah sebagai berikut :



Gambar 3.12 : Pendingin udara pada *air duct cover* secara keseluruhan

Gambar 3.12 merupakan konstruksi keseluruhan baik pendingin udara depan maupun belakang yang telah dibuat dalam penelitian ini, beberapa kabel yang akan dialiri tegangan listrik dirapikan dengan *tape* agar tidak terjantai dan mengganggu putaran roda belakang.

3.4 Peralatan Uji

Sebelum melakukan pengujian *air cooler*, terlebih dahulu dipersiapkan beberapa peralatan untuk mendukung jalannya pengujian dan memudahkan pengambilan data yang akan dicatat selama pengujian berlangsung. Adapun beberapa alat uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Noncontact infrared thermometer*, digunakan untuk mengukur perubahan suhu pada *heat sink* maupun *cold sink* pada pengujian pendahuluan. Pada penelitian ini digunakan infrared thermometer Raytek dengan spesifikasi :

Tabel 3.3 Spesifikasi *Noncontact infrared thermometer*

Model	MiniTemp
Temperature Range	-18 to 400°C
Distance to Spot Size (D:S)	8:01
Response time	500 m Sec
Emissivity	Pre-set at 0.95
Accuracy	±2%, or ±2°C (±3°F)
Typical Distance to Target (Spot)	Up to 1.5m (4ft)

Sumber : <http://www.raytek.com>

Seperti pada Tabel 3.3 *infrared thermometer* yang digunakan memiliki jarak suhu pembacaan antara -18°C sampai 400°C, sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai (*response time*) dalam 500 mili detik, serta tingkat ketepatan pembacaan atau akurasi alat adalah sekitar 2% atau sekitar ±2°C.

2. *Multimeter*, digunakan untuk mengukur tegangan *input* pada peltier dan pada kipas pendingin *heat sink* serta suhu udara pada *air duct*. Pada Tabel 3.4 spesifikasi *multimeter* yang digunakan memiliki nilai tegangan AC dan DC maksimum yang dapat dibaca adalah 1000 volt, sementara untuk arus AC dan DC maksimum adalah 10 Ampere. Sedangkan jarak temperatur yang dapat dibaca adalah -200°C - 1090°C.

Adapun secara lebih detail spesifikasi *multimeter* yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.4 Spesifikasi multimeter

Model	Fluke 88 Series V Deluxe
DCV (max)	1000V
ACV (max)	1000V
DC Current (max)	10A
AC Current (max)	10A
Resistance (max)	50 M Ω
Capacitance (max)	9,999 μ F
Frequency (max)	200 KHz
Duty Cycle (max)	99.9 %
Temperature Measurement	-200 $^{\circ}$ C - 1090 $^{\circ}$ C
80 BK Temperature Probe	-40 $^{\circ}$ C - 260 $^{\circ}$ C
Conductance (max)	60.00 nS
Operating Range	-20 $^{\circ}$ C - 55 $^{\circ}$ C
Physical	5.2 cm x 9.8cm x 20.1 cm 624 g (22 oz.)

Sumber : <http://www.fluke.com/fluke>

3. *Chassis dyno tester* Onosokki, *dyno tester* ini digunakan untuk melakukan pengujian performa kendaraan skutik yang telah dipasang pendingin udara. Alat ini merupakan gabungan dari beberapa alat seperti : *torque meter*, *tachometer*, *gas analyzer*, *temperature sensor*, *FTT data analyzer* dan lain-lain. Berikut ini adalah spesifikasi umum dari *chassis dyno tester* :

Tabel 3.5 Spesifikasi chassis dyno tester

Model	FT - 2500
Measurement range	400 – 20 000 r/min
Measurement time	Update every 250 ms
Accuracy	\pm 0.02%
Averaging processing	Moving average
Power requirement	100 to 200VAC, 50/60Hz
Power consumption	22 to 32 VA
Operating temperature	0 - 40 $^{\circ}$ C
Physical	144 x 72 x 180 mm

Sumber : <http://www.onosokki.net>

Seperti pada Tabel 3.5 *chassis dyno tester* yang digunakan memiliki spesifikasi antara lain; dapat mengukur putaran antara 400 – 20 000 r/min

setiap nilainya di perbarui dalam 250 mili detik. Tingkat ketepatan (*accuracy*) dari alat ini adalah $\pm 0,02\%$ sedangkan tipe perhitungan yang digunakan adalah *moving average* yaitu perhitungan rata-rata dari pergerakan nilai yang didapat dari pengukuran

4. Sepeda motor skutik, sepeda motor ini digunakan sebagai contoh (*sample*) untuk mendapatkan grafik performa sebelum dan sesudah dipasang alat pendingin udara yang telah dibuat dalam penelitian ini. Adapun spesifikasi sepeda motor skutik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.6 Spesifikasi Motor Skutik

Jenis	4 Langkah, berpendingin udara, sistem bahan bakar injeksi
Silinder	1 (Tunggal)
Diameter x Langkah Piston	50 x 55 mm
Volume Silinder	108 cm ³
Perbandingan Kompresi	9.2 : 1
Sistem Pengapian	DC-CDI, Digital
Saringan Udara	Elemen Busa Polyurethane
Sistem Starter	Listrik dan pedal
Sistem Pelumasan	Terendam (<i>Wet Sump</i>)
Bahan Bakar	Bensin tanpa timbal
Kapasitas Tangki	5.0 liter
Daya Maksimum	8.54 PS / 8.000 rpm
Busi	ND U24EPR9
Celah Busi	0.6-0.7 mm
Gigi Transmisi	Otomatis, V-matic
Battery	12V – 3Ah (tipe MF)
Berat Kosong	97 Kg
Panjang x Lebar x Tinggi	1.841 x 660 x 1.094 mm

Sumber : *Buku Pedoman Pemilik Skutik Merek "X"*

Pada tabel 3.6 sepeda motor skutik yang dipakai telah menggunakan sistem bahan bakar injeksi dengan volume silinder 108 cc dan perbandingan kompresi 9,2 banding 1, kendaraan ini menggunakan transmisi otomatis v-matic dan memiliki berat kosong 97 Kg.

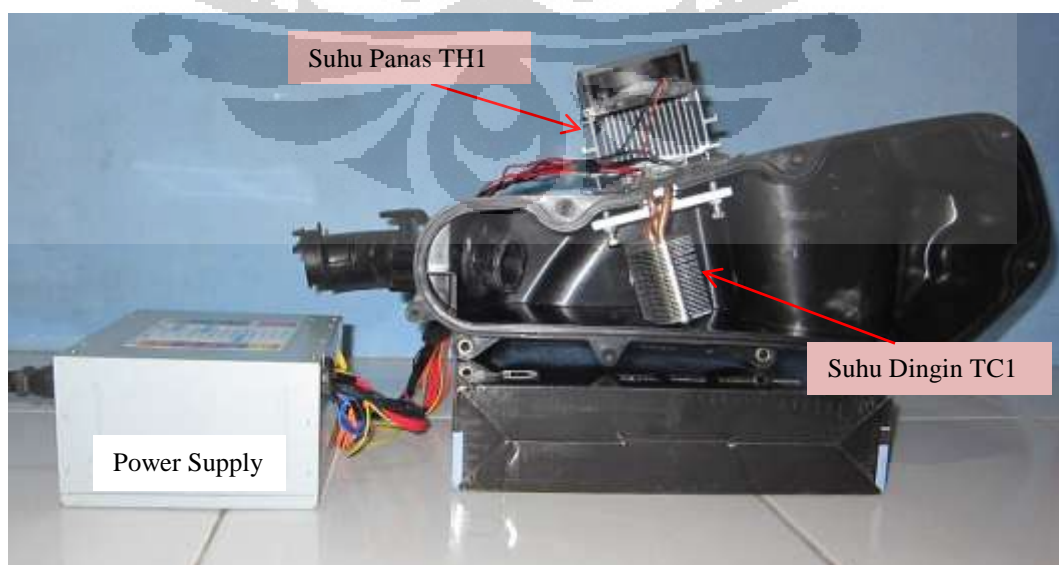
3.5 Metoda Pengujian (*Testing Method*)

Dalam melakukan pengetesan terhadap alat pendingin udara pada *air duct* sepeda motor skutik ini digunakan dua metoda pengujian, yaitu pengujian pendahuluan (*preliminary test*) dan pengujian pada unit kendaraan (*onvehicle test*)

3.5.1 Pengujian Pendahuluan (*Preliminary Test*)

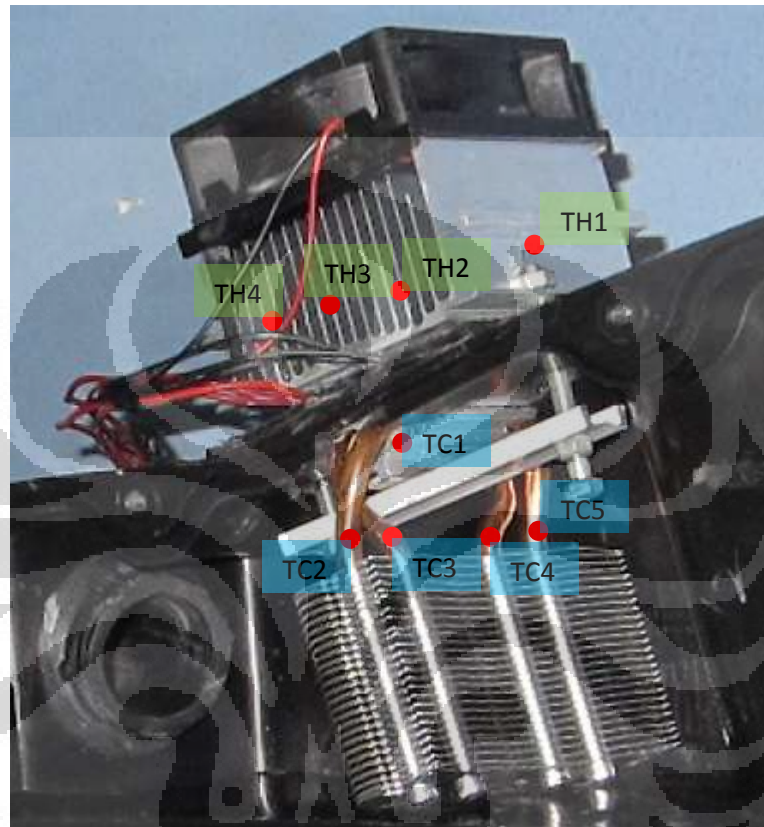
Pengujian pendahuluan dilakukan untuk memastikan kondisi pendingin udara baik pada bagian depan maupun belakang telah dapat berfungsi dengan baik, selain itu pengujian ini juga mengukur nilai suhu yang dapat tercapai dalam garis waktu untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh alat agar terapai suhu yang stabil. Selanjutnya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kestabilan ini dijadikan acuan untuk memberikan waktu mula (*idle time*) sebelum memulai pengujian performa pada *chassis dyno tester*.

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan alat pendingin udara (*air cooler*) dengan *power supply* listrik dengan tegangan 5 Volt untuk element Peltier dan 12 Volt untuk kipas pendingin. Kemudian pengukuran suhu dilakukan menggunakan *infrared thermometer* untuk memantau perubahan suhu yang terjadi pada beberapa titik *heat sink* maupun *cold sink* dan dicatat seiring dengan perubahan waktu. Berikut adalah gambar pengujian pendahuluan (*preliminary test*) pada alat pendingin udara :



Gambar 3.13 : Pengujian pendahuluan (*preliminary test*)

Gambar 3.13 merupakan pengujian pendahuluan pada alat pendingin udara, tanda panah adalah arah pengukuran suhu TH untuk suhu panas dan TC untuk suhu dingin. Adapun titik-titik pengukuran suhu pada *air cooler* ini adalah sebagai mana terlihat pada Gambar 3.14 berikut ini :



Gambar 3.14 Titik pengukuran suhu pada pengujian pendahuluan

3.5.2 Pengujian Pada Kendaraan (*On Vehicle Testing*)

Pengujian pada kendaraan dilakukan untuk mengetahui performa dari sepeda motor skutik antara sebelum dan sesudah dipasang pendingin udara. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur *rear wheel power* (kW) yaitu daya yang terkirim sampai ke roda belakang yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan, serta mengukur konsumsi bahan bakar dan emisi (CO) yang dihasilkan oleh kendaraan dengan melakukan perubahan putaran roda (rpm). Bersaan dengan itu dilakukan pemantauan suhu udara yang melewati *air intake hose*.

Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu diperiksa suhu lingkungan saat pengetesan serta beberapa parameter dari kendaraan untuk dibandingkan

dengan nilai standar apakah masih dalam batas nilai atau tidak, kemudian dicatat. Berikut adalah data awal kendaraan :

Tabel 3.7 Data identitas kendaraan dan suhu lingkungan

TYPE	: Fuel Injection
Frm No.	: MH1JFA11XBK000XX
Odometer	: 500 KM
Time	: 10:18
Dry Temp	: 30.7 C
Wet Temp	: 26.9 C

Sumber : Hasil pengecekan suhu sebelum pengujian

Tabel 3.8 Parameter kendaraan sebelum pengujian

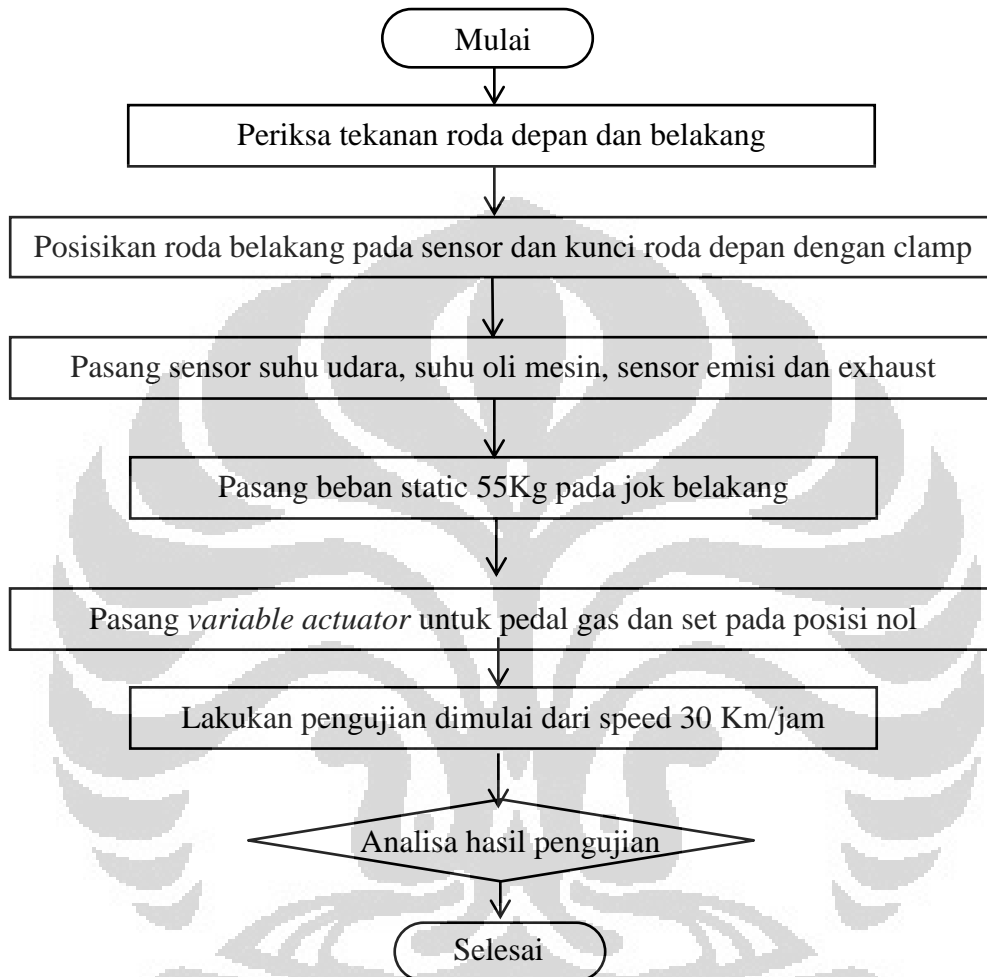
Item	Unit	Measured	Standard
Tappet IN/EX	mm	0.16	0.16 / 0.16
Spark Plug gap	mm	0.8	0.8-0.9
Throttle setting		OK	Scale 1:1
Tire pressure (Rr)			
Pre	Psi	33	33
Post	Psi	37	-
Engine Oil		10W - 30 MB	10W - 30 MB
Fuel		Premium	Premium

Sumber : Hasil pengecekan kendaraan sebelum pengujian

Tabel 3.7 adalah identitas kendaraan dan suhu lingkungan saat pengujian dilakukan, adapun poin utama dari tabel ini adalah kendaraan uji bukanlah kendaraan baru namun kendaraan telah digunakan dengan odometer 500 Km, suhu lingkungan saat dilakukan pengetesan adalah 30,7°C untuk suhu kering dan 26,9 °C untuk suhu basah.

Selanjutnya pada Tabel 3.8 adalah beberapa parameter kendaraan yang terlebih dahulu diperiksa sebelum dilakukan pengujian, baik dari nilai celah katup *intake* dan *exhaust* (*tappet IN/EX*), celah busi (*spark plug gap*), tekanan udara pada roda belakang (*tire pressure rear*) sebelum dan sesudah, minyak pelumas mesin yang digunakan (*engine oil*) serta bahan bakar yang digunakan (*fuel*).

Setelah semua parameter diperiksa dan dapat dinyatakan dalam kondisi yang normal, selanjutnya pengujian dapat dimulai. Pengujian sepeda motor skutik pada *chassis dyno tester* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

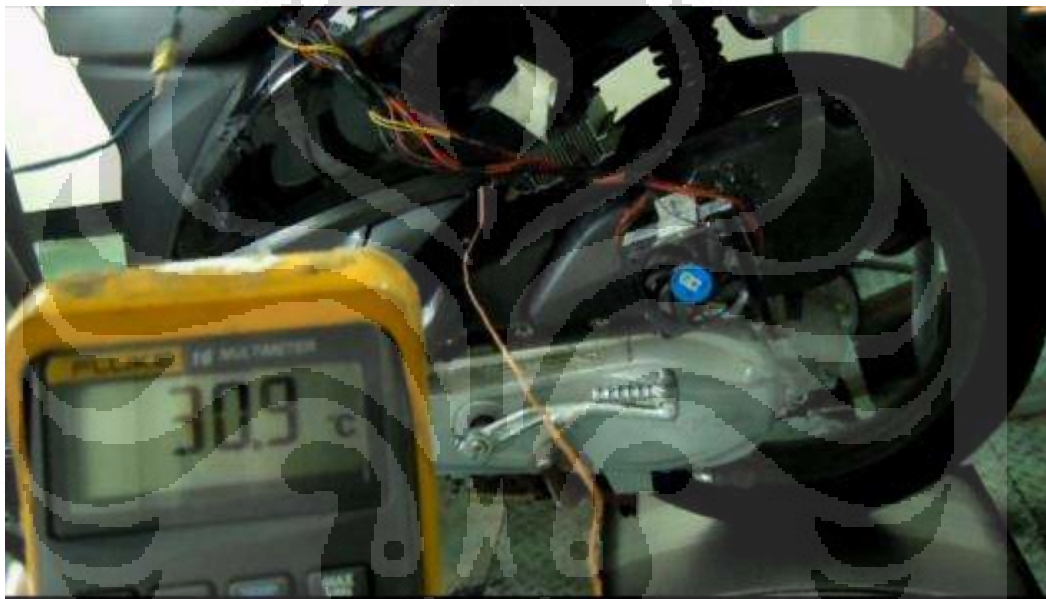


Gambar 3.15 : Diagram alir pengujian sepeda motor skutik pada *chassis dyno tester*

Pada Gambar 3.15 langkah pengujian diawali dengan pemeriksaan roda kemudian penyetelan kendaraan pada alat dan selanjutnya dilakukan pemasangan sensor suhu pada oli mesin, yaitu sensor yang berfungsi sebagai pengaman dari kegagalan (*fail save*) akibat peningkatan suhu mesin yang melampaui batas maksimum. Jika suhu mencapai batas maksimum 120°C maka mesin uji akan dimatikan secara otomatis. Hal ini untuk menghindarkan dari kerusakan yang tidak diinginkan akibat *overheating* pada *engine*.

Pada jok belakang di berikan pembebanan 55 Kg sebagai pengganti berat badan pengendara, kemudian kecepatan roda dinaikkan dari 30 Km/jam sampai 80 Km/jam dengan pencatatan nilai putaran mesin, torsi dan power serta kadar CO pada tiap kelipatan 10 Km/jam.

Untuk memantau suhu yang melewati *air intake hose* setelah didinginkan oleh *air cooler* pada *air duct*, dipasang *temperature probe* yang dihubungkan dengan multimeter digital seperti yang terlihat pada Gambar 3.16. Berikut adalah gambar pemantauan suhu :



Gambar 3.16 : Pemantauan suhu selama pengujian dengan *chassis dyno tester*

Selanjutnya kecepatan roda dinaikkan dari 30 Km/jam sampai 80 Km/jam dengan pencatatan nilai torsi, *power*, emisi dan konsumsi bahan bakar. Berikut adalah tabel parameter-parameter yang dicatat dalam pengujian :

Tabel 3.9 Parameter pada pengujian dengan *chassis dyno tester*

No	Speed	Eng Revo	Force	Power		Emission	FC	SFC
	km/jam	r/min	N	kW	PS	%CO	l/jam	g/kW.h
1	30.0							
2	40.0							
3	50.0							
4	60.0							
5	70.0							
6	80.0							

Berikut adalah gambar pengujian pada kendaraan sepeda motor skutik dengan *chassis dyno tester* secara keseluruhan :



Gambar 3.17 Pengujian pada kendaraan menggunakan *chassis dyno tester*

Gambar 3.17 merupakan pengujian sepeda motor skutik dengan *chassis dyno tester*, terlihat pendingin udara pada bagian samping kendaraan, beban diatas jok adalah pengganti pengendara pada kondisi normal, beberapa sensor dipasang pada kendaraan meliputi *emission sensor*, *oil temperature sensor* dan *air temperature sensor* sehingga tampak banyak kabel yang di rekatkan dengan masking tape pada kendaraan.

BAB 4

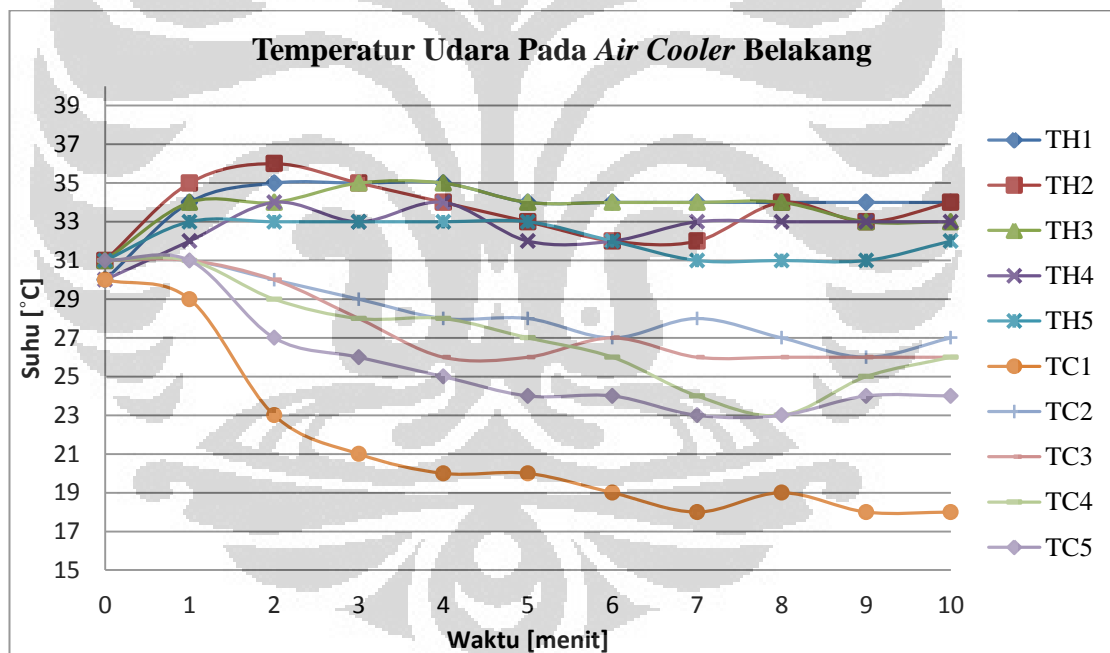
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat diperoleh data-data dari beberapa parameter yang diamati. Data tersebut untuk selanjutnya diolah dalam bentuk grafik dengan bantuan MS Excel untuk lebih mudah dipahami, dibandingkan dan dianalisa.

4.1 Hasil Pengujian Pendahuluan (*Preliminary Test*)

Pengujian pendahuluan yang dilakukan di ruang uji pada siang hari pukul 11:31 WIB didapatkan hasil sebagai berikut :

4.1.1 Pengujian Pendahuluan Pada *Air Cooler* Belakang

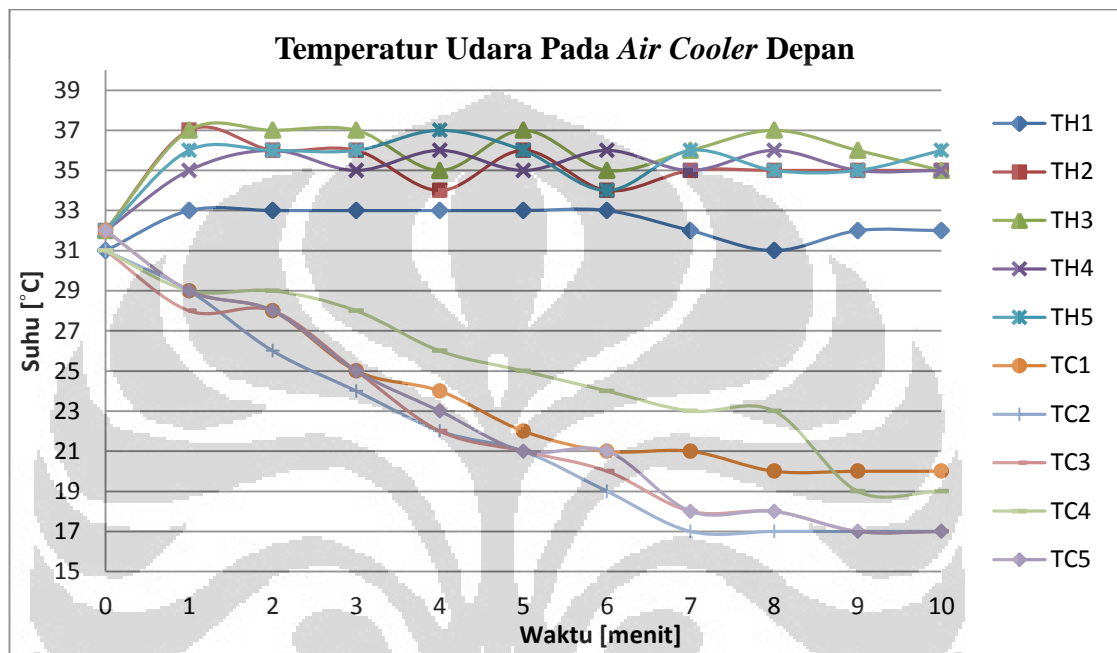


Gambar 4.1 : Grafik hasil pengujian pendahuluan *air cooler* bagian belakang

Gambar 4.1 diatas adalah grafik hasil pengujian pendingin udara bagian belakang, TH1 adalah *Temperature Hot* pada titik 1 sedangkan TC1 adalah *Temperature Cold* pada titik 1, titik ini sesuai pada gambar yang ditunjukkan pada bab sebelumnya. Pada garis TH, baik TH1 sampai dengan TH5 terlihat bahwa garis suhu telah stabil pada menit ke-2 dan seterusnya tidak mengalami perubahan yang signifikan yaitu pada kisaran 31°C sampai dengan 35°C. Sedangkan pada

garis TC, garis suhu masih menunjukkan penurunan pada menit-menit pertama dan baru mulai stabil pada menit ke-6, TC1 merupakan titik dengan suhu terendah yaitu pada kisaran 17°C, sedangkan titik yang lain TC2 sampai TC5 menunjukkan suhu pada kisaran 23°C samopai 27°C.

4.1.2 Pengujian Pendahuluan Pada Air Cooler Depan



Gambar 4.2 : Grafik hasil pengujian pendahuluan air cooler bagian depan

Gambar 4.2 diatas adalah grafik hasil pengujian pendingin udara bagian depan, pada garis TH, baik TH1 sampai dengan TH5 terlihat bahwa garis suhu mulai stabil pada menit ke-1 dan seterusnya tidak mengalami perubahan yang signifikan yaitu pada kisaran 33°C sampai dengan 37°C. Sedangkan pada garis TC, garis suhu masih menunjukkan penurunan pada menit-menit pertama dan baru mulai stabil pada menit ke-7, TC1 sampai dengan TC5 menunjukkan suhu pada kisaran 17°C sampai 21°C.

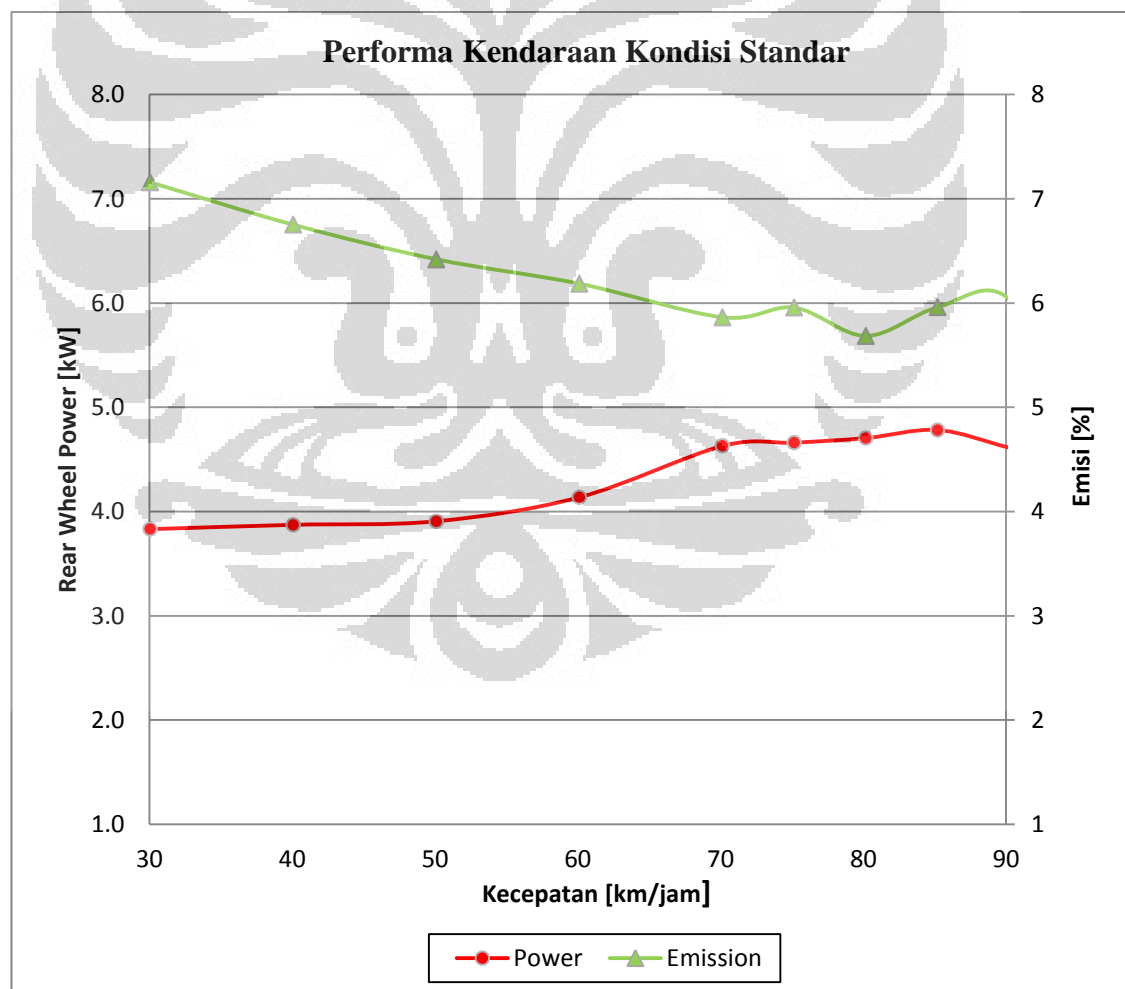
Dari dua pengujian pendahuluan diatas dapat diketahui bahwa, pendingin udara yang telah dibuat pada penelitian ini memiliki waktu mula (*idle time*) dari suhu awal (suhu ruangan) sampai suhu mulai stabil (tidak banyak menunjukkan perubahan) adalah 6 menit pada bagian pendingin belakang dan 7 menit pada pendingin bagian depan.

Waktu ini dijadikan acuan untuk memulai pengujian performa pada *chassis dyno tester*, yaitu terlebih dahulu melakukan *idle* pada kendaraan kemudian baru dilakukan pengambilan data. Dalam hal ini waktu *idle* yang dilakukan pada kendaraan adalah 10 menit karena pada kondisi udara mengalir tentu waktu yang dibutuhkan untuk stabil akan lebih lama.

4.2 Hasil Pengujian Pada Kendaraan (*On Vehicle Testing*)

4.2.1 Pengujian Kendaraan Tanpa *Air Cooler*

Pada pengujian kali ini, terlebih dahulu dilakukan uji performa kendaraan tanpa dipasang alat pendingin udara, yaitu kondisi aktual kendaraan dengan standar pabrikan. Adapun grafik hasil pengujian kendaraan kondisi mula, adalah sebagai berikut :

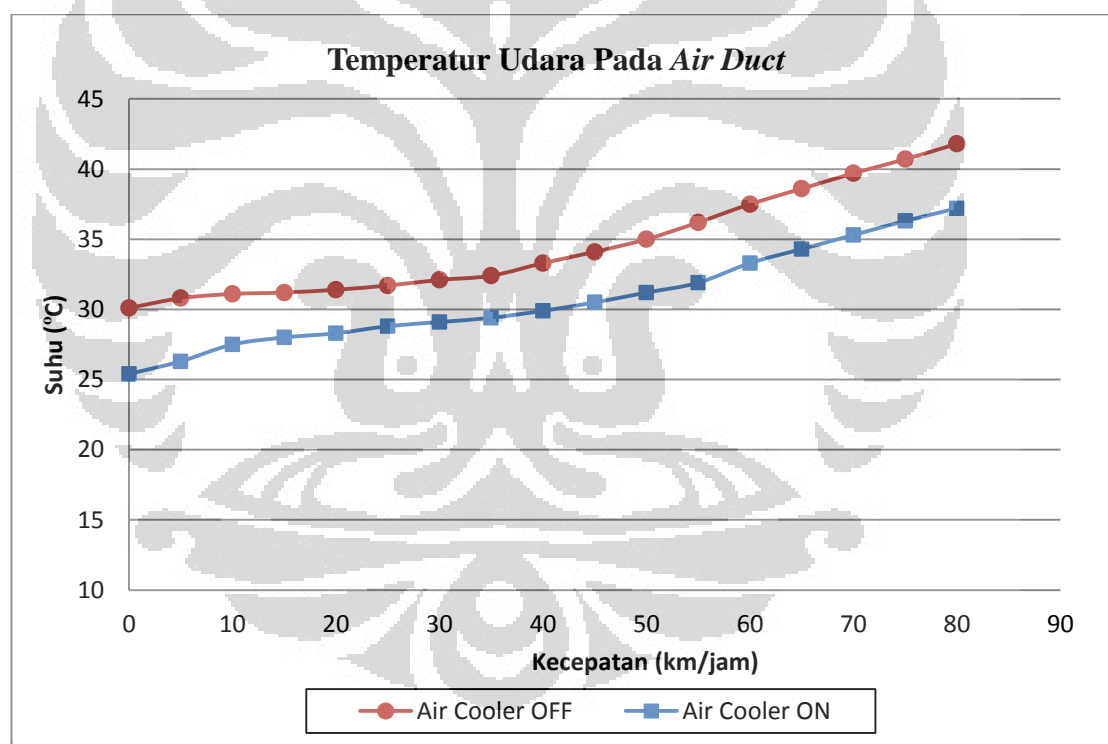


Gambar 4.3 : Grafik hasil pengujian pada kendaraan pada kondisi standar

Dari gambar 4.3 diatas terlihat bahwa pada kondisi standar *power* kendaraan cenderung stabil pada kecepatan awal 30 – 50 km/jam di titik 3,9 kW kemudian mengalami kenaikan pada putaran 70 km/jam menjadi 4,63 kW dan mengalami titik puncak pada putaran 85 km/jam mencapai 4,78 kW. Namun demikian, presentase karbon monoksida yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 7,2 %CO pada putaran awal 30 km/jam dan turun pada putaran 70 km/jam menjadi 5,9 %CO dan mengalami titik terendah pada putaran 80 yaitu 5,7 %CO.

4.2.2 Pemantauan Suhu Udara

Kemudian dilakukan pemasangan pendingin udara yang telah dibuat dan kita lakukan pengujian dengan kondisi dan metode yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, didapatkan hasil sebagai berikut

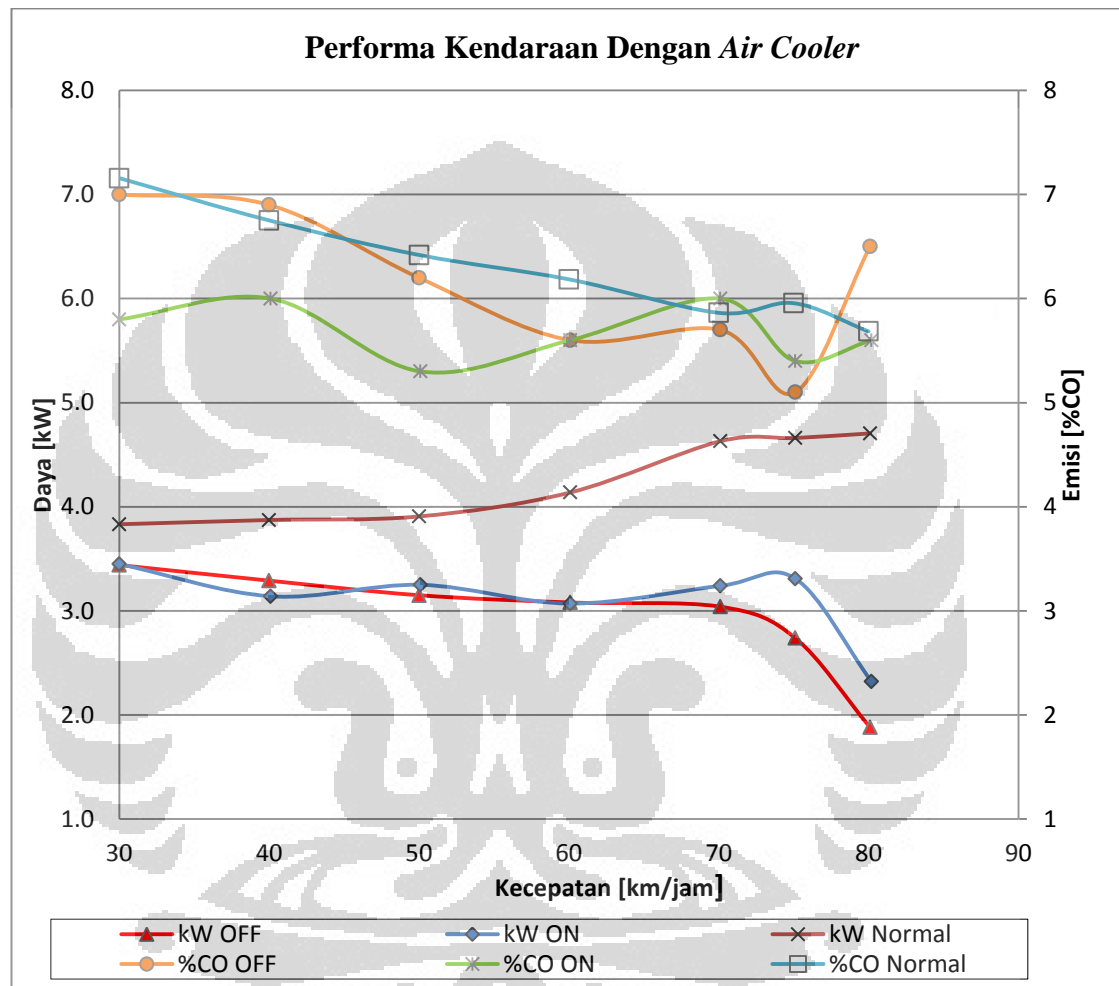


Gambar 4.4 : Grafik temperatur udara pada *air duct*

Pada gambar 4.4 hasil pemantauan suhu udara setelah melewati *air duct* diatas, terlihat bahwa pada kondisi pendingin udara OFF, suhu udara mula yang masuk ke ruang bakar adalah 30 °C pada putaran *idle*, kemudian naik menjadi 31,7 °C pada putaran 30 km/jam dan terus naik sampai ke titik 41,8 °C pada kecepatan puncak 80 km/jam. Sedangkan pada kondisi pendingin udara ON, suhu

udara dapat didinginkan sampai suhu 25 °C pada putaran mesin *idle* dan kemudian naik menjadi 28,8 °C pada putaran 30 km/jam dan terus naik sampai ke titik 37,2 °C pada kecepatan puncak 80 km/jam.

4.2.3 Pengujian Performa Kendaraan Dengan *Air Cooler*



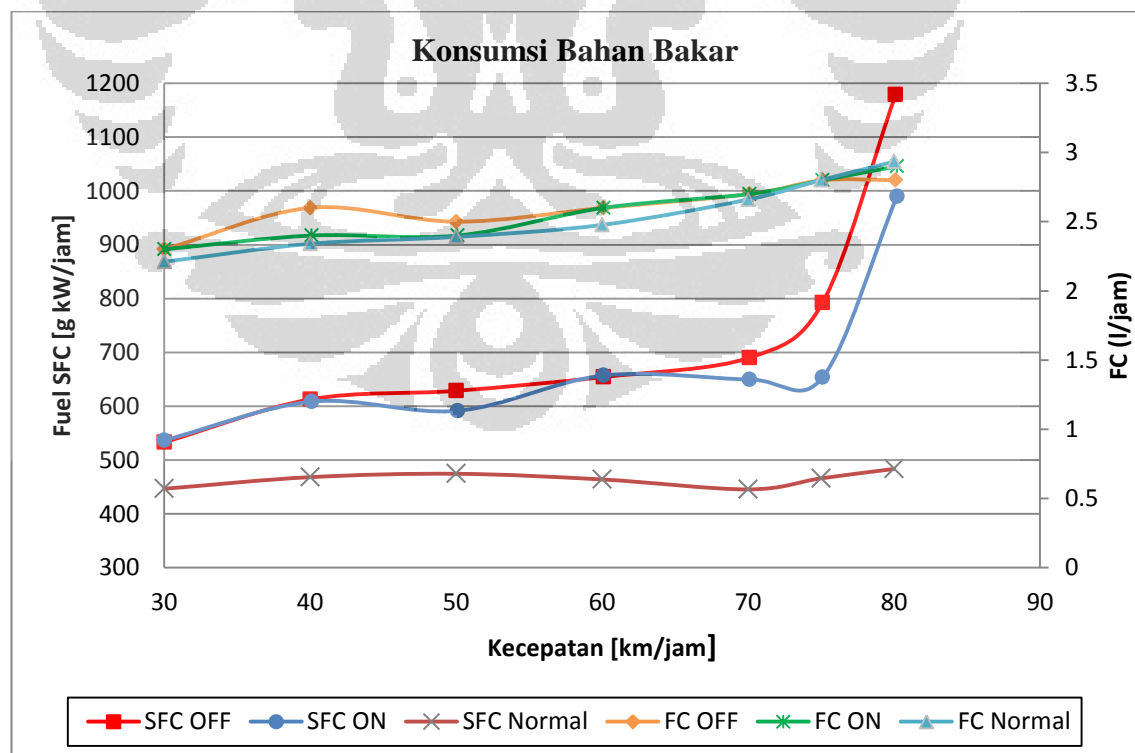
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian performa dengan *air cooler*

Gambar 4.5 adalah grafik perbandingan *power* yang dihasilkan roda belakang dan emisi karbon monoksida antara kondisi *air cooler* OFF dan ON. Terlihat bahwa pada kondisi OFF, *power* kendaraan terus mengalami penurunan dari 3,44 kW pada putaran 30 km/jam menjadi 3,04 kW pada putaran 70 km/jam, dan mengalami penurunan drastis pada putaran antara 70 – 80 km/jam sampai titik 1,88 kW. Namun demikian, presentase karbon monoksida yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 7 %CO pada putaran awal 30 km/jam dan turun pada titik terendah pada putaran 75 km/jam yaitu 5,1 %CO kemudian naik sampai di titik 6,5 %CO di

putaran 80 km/jam. Sedangkan pada kondisi pendingin udara ON, terlihat bahwa *power* kendaraan mengalami penurunan di awal kemudian sedikit naik pada putaran 50 km/jam dititik 3,25 kW dan kemudian mengalami kenaikan lagi pada putaran 70 km/jam dititik 3,31 kW, pada titik ini selisih antara pendingin udara ON dan OFF adalah 0,57 kW atau 570 Watt.

Hasil yang cukup signifikan terlihat pada garis persentase karbon monoksida (%CO) antara pendingin udara ON dan OFF, pada awal putaran 30 km/jam hasil *power* adalah sama namun perbedaan emisi karbon terpaut cukup jauh, 7 %CO untuk pendingin udara OFF dan 5,8 %CO untuk pendingin ON. Dan untuk putaran-putaran selanjutnya dengan pendingin udara ON nilai presentase emisi karbon monoksida tidak pernah melebihi 6 %CO. Secara keseluruhan pendingin udara ON dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida CO sebesar 0,5% dibanding pendingin udara OFF. Sedangkan perbandingan dengan kondisi standar, pendingin udara ON dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida sebesar 9.8%.

4.2.4 Pemantauan Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 4.6 : Grafik hasil pemantauan konsumsi bahan bakar

Gambar 4.6 adalah pemantauan konsumsi bahan bakar (*fuel consumption, FC*) dalam liter per jam dan konsumsi bahan bakar spesifik (*spesifik fuel consumption, SFC*) dalam gram per kilo Watt hour. Dapat dilihat pada garis konsumsi bahan bakar, antara *air cooler* ON dan OFF tidak banyak perbedaan hanya di kecepatan 40 km/jam saja terlihat bahwa *air cooler* ON lebih irit pada titik 2,4 l/jam dibanding *air cooler* OFF pada titik 2,6 l/jam. Selain itu pada semua kecepatan konsumsi bahan bakar hampir sama.

Jika dihitung secara keseluruhan dengan nilai *power* yang dihasilkan, maka akan terlihat bahwa *air cooler* ON lebih rendah dibanding *air cooler* OFF yaitu pada kecepatan 50 km/jam dititik 591,5 g kW/jam dibanding *air cooler* OFF dititik 628,6 g kW/jam. Selanjutnya pada kecepatan tinggi mulai dari 70 km/jam sampai 80 km/jam, SFC untuk *air cooler* ON lebih rendah dibanding *air cooler* OFF. Pada selisih SFC total, *air cooler* ON dapat menghasilkan *power* yang lebih effectif sekitar 7,9 % dibanding *air cooler* OFF. Namun nilai ini masih terpaut jauh dibawah kondisi normal sebesar 30,7%, dikarenakan kondisi normal dapat menghasilkan *power* yang lebih besar dengan konsumsi bahan bakar yang sama.

4.3 Analisa Termodinamika

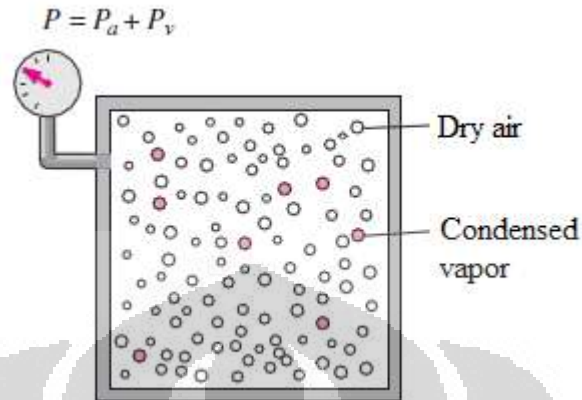
Pada penelitian ini telah diketahui bahwa pendinginan udara dapat berpengaruh pada kenaikan *power* kendaraan, meskipun hasilnya masih terpaut 28% dibanding kondisi kendaraan standar tanpa pemasangan alat, namun antara pendingin udara ON dan OFF telah didapatkan adanya perbaikan.

Perbaikan ini didapatkan karena adanya penambahan partikel udara pada *volume* ruang bakar yang sama, tekanan udara yang mengalir masuk keruang bakar merupakan gabungan antara udara kering (*dry air*) dengan kelembaban nol (*air with zero moisture content*) dan udara embun (*condensed vapor*) sesuai dengan kelembabannya (*referred to its moisture value*), sehingga tekanannya merupakan penjumlahan dari tekanan udara kering dan tekanan udara embun seperti yang terlihat pada Gambar 4.7 berikut ini :

$$P = P_a + P_v \dots\dots\dots 4.1$$

dengan P_a = tekanan udara kering (*dry air*)

P_v = tekanan udara embun (*condensed vapor*)



Gambar 4.7 Tekanan udara merupakan jumlah dari udara kering (*dry air*) dan udara embun (*condensed vapor*)

(Y. Cengel & M. A. Boles . *Thermodynamic : An Engineering Approach*)

Udara hanya dapat menahan sedikit jumlah dari embun, dan rasio dari jumlah embun didalam udara pada temperatur tertentu disebut ***relative humidity***. Range dari *relative humidity* adalah dari 0 untuk udara kering dan 100 persen untuk udara jenuh (*saturated air*) yaitu udara yang sudah tidak dapat menahan lebih banyak embun lagi. Tekanan udara jenuh pada suatu temperatur adalah sama dengan tekanan saturasi dari air pada temperatur yang sama. Sebagai contoh tekanan udara saturasi pada 25°C adalah 3.81 kPa.

Jumlah *moisture* didalam udara adalah bergantung pada temperatur dan *relative humidity*, sehingga tekanan udaranya juga bergantung pada *relative humidity* :

$$P_v = \phi P_{sat @ T} \dots\dots\dots 4.2$$

dimana $P_{sat @ T}$ adalah temperatur saturasi dari air pada temperature tertentu. Sebagai contoh tekanan udara pada 25°C dengan 70 persen *relative humidity*, maka perhitungannya adalah :

$$P_v = \phi P_{sat @ 25^\circ C} = 0.7 \times 3.81 kPa = 2.667 kPa$$

maka ketika *relative humidity* naik akan menyebabkan tekanan saturasi juga naik, sebaliknya jika *relative humidity* turun maka tekanan saturasi juga akan turun. Tekanan inilah yang berpengaruh pada tekanan udara secara keseluruhan.

Sebagai mana yang telah diketahui bahwa kerja pada kendaraan (*indicated work*) adalah integral dari tekanan *input* dikalikan perubahan volume pada ruang bakar akibat adanya gerakan naik turun piston :

$$w_i = \int P dV \dots\dots\dots 4.3$$

maka ketika tekanan naik akan menyebabkan (*indicated work*) w_i juga naik dengan perubahan *volume* yang sama, sehingga berakibat pada indicated power yang juga naik dengan putaran *crankshaft* dan jum putaran *crank* per siklus yang sama :

$$W_i = \frac{w_i N}{nR} \dots\dots\dots 4.4$$

dengan w_i : *Indicated Work* (kJ/siklus)

N : Putaran *crankshaft* (putaran/detik)

nR : Banyaknya putaran *crank* per siklus (putaran/siklus)

= 2 untuk mesin 4-langkah

= 1 untuk mesin 2-langkah.

Sebagai contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

Jika diketahui kelembaban relatif pada temperatur udara 30°C adalah 50% dan tekanan udara luar adalah 1 atm atau 101.3 kPa sedang tekanan udara saturasinya adalah 4.24 kPa. Maka *indicated work* untuk suatu silinder 108 cc dengan putaran mesin 5,730 rpm pada kecepatan 30 km/jam adalah :

$$P_v = \phi P_{sat @ 30^\circ C} = 0.5 \times 4.24 \text{ kPa} = 2.12 \text{ kPa}$$

$$P = P_a + P_v = 101.3 \text{ kPa} + 2.21 \text{ kPa} = 103.42 \text{ kPa}$$

$$w_i = \int P dV = 103.42 \text{ kPa} \times 0.108 \text{ l} = 11.16 \text{ kJ}$$

$$W_i = \frac{w_i N}{nR} = \frac{11.16 \times 0.0955}{2} = 0.532 \text{ kW}$$

Sementara untuk kelembaban relatif 70% pada temperatur udara 25°C dan tekanan udara luar adalah 1 atm atau 101.3 kPa sedang tekanan udara saturasi nya adalah 3.81 kPa. Maka *indicated work* untuk suatu silinder 108 cc dengan putaran mesin 5,730 rpm pada kecepatan 30 km/jam adalah

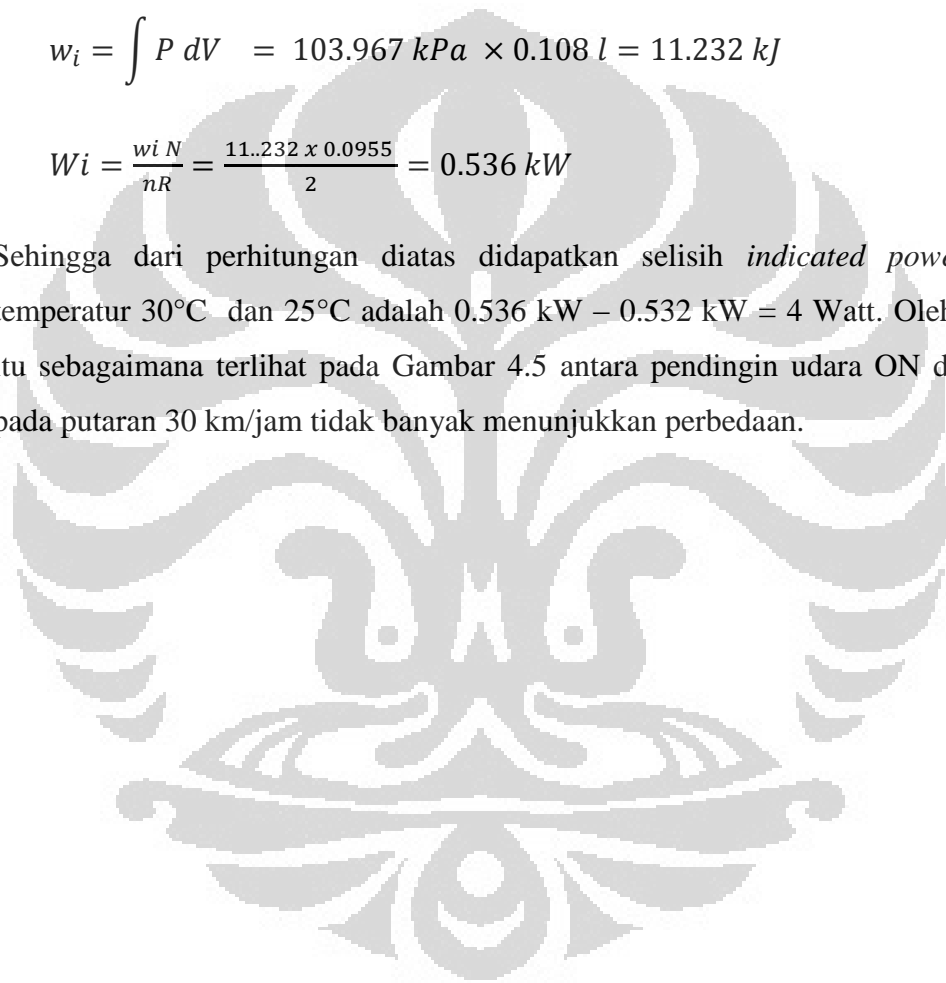
$$P_v = \phi P_{sat @ 25^\circ C} = 0.7 \times 3.81 \text{ kPa} = 2.667 \text{ kPa}$$

$$P = P_a + P_v = 101.3 \text{ kPa} + 2.667 \text{ kPa} = 103.967 \text{ kPa}$$

$$w_i = \int P dV = 103.967 \text{ kPa} \times 0.108 \text{ l} = 11.232 \text{ kJ}$$

$$Wi = \frac{w_i N}{nR} = \frac{11.232 \times 0.0955}{2} = 0.536 \text{ kW}$$

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan selisih *indicated power* pada temperatur 30°C dan 25°C adalah 0.536 kW – 0.532 kW = 4 Watt. Oleh karena itu sebagaimana terlihat pada Gambar 4.5 antara pendingin udara ON dan OFF pada putaran 30 km/jam tidak banyak menunjukkan perbedaan.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Perbaikan udara *input* ke ruang bakar dapat tercapai dengan penurunan suhu menjadi 25°C dari 30°C suhu tanpa pendingin udara pada kondisi udara bergerak didalam *air duct* kendaraan skutik, putartan *idle*.
2. Hasil perbandingan performa kendaraan setelah dipasang pendingin udara dengan kondisi standar, performa kendaraan mengalami penurunan 28% dibawah kondisi standar. Hal ini disebabkan adanya tahanan aliran udara (*flow resistance*) akibat pemasangan *fin* dan *tube* pada *air duct*.
3. Pendingin udara ON dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida (%CO) sebesar 7,6% dari perhitungan rata-rata nilai CO yang didapat dibanding hasil pendingin udara OFF. Sedangkan perbandingan dengan kondisi standar, pendingin udara ON dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida sebesar 9.8%.
4. Dari selisih *specific fuel consumption* (SFC) total, pendingin udara ON dapat menghasilkan *power* yang lebih efektif dibanding pendingin udara OFF sekitar 7,9 %. Namun nilai ini masih terpaut jauh dibawah kondisi normal sebesar 30,7%, dikarenakan kondisi normal dapat menghasilkan *power* yang lebih besar dengan konsumsi bahan bakar yang sama.

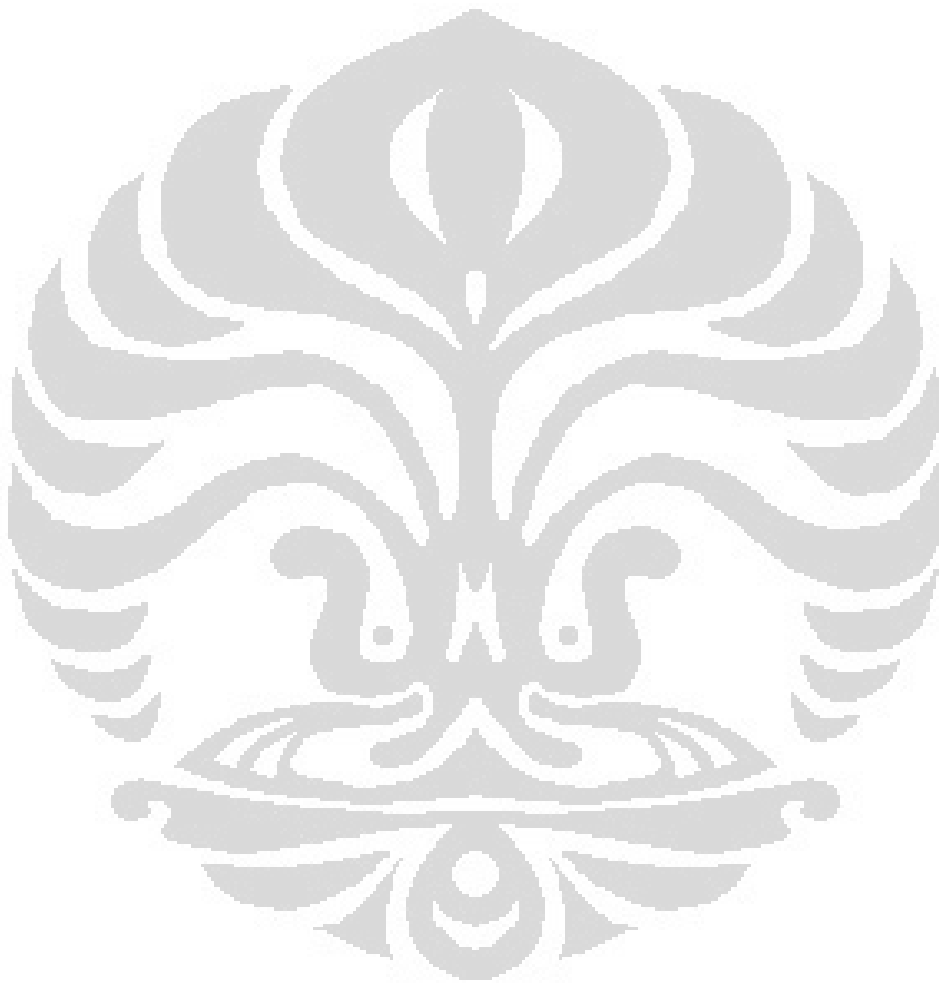
5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya mengenai hubungan antara peningkatan performa kendaraan dengan perbaikan suhu udara *input*, disarankan untuk mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Membuat desain pendingin udara dengan meminimalkan tahanan aliran agar pasokan udara ke ruang bakar tidak terhambat. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi sirip (*fin*) pada alat penukar kalor (*heat exchanger*), namun penyerap panas (*heat absorber*) harus dapat

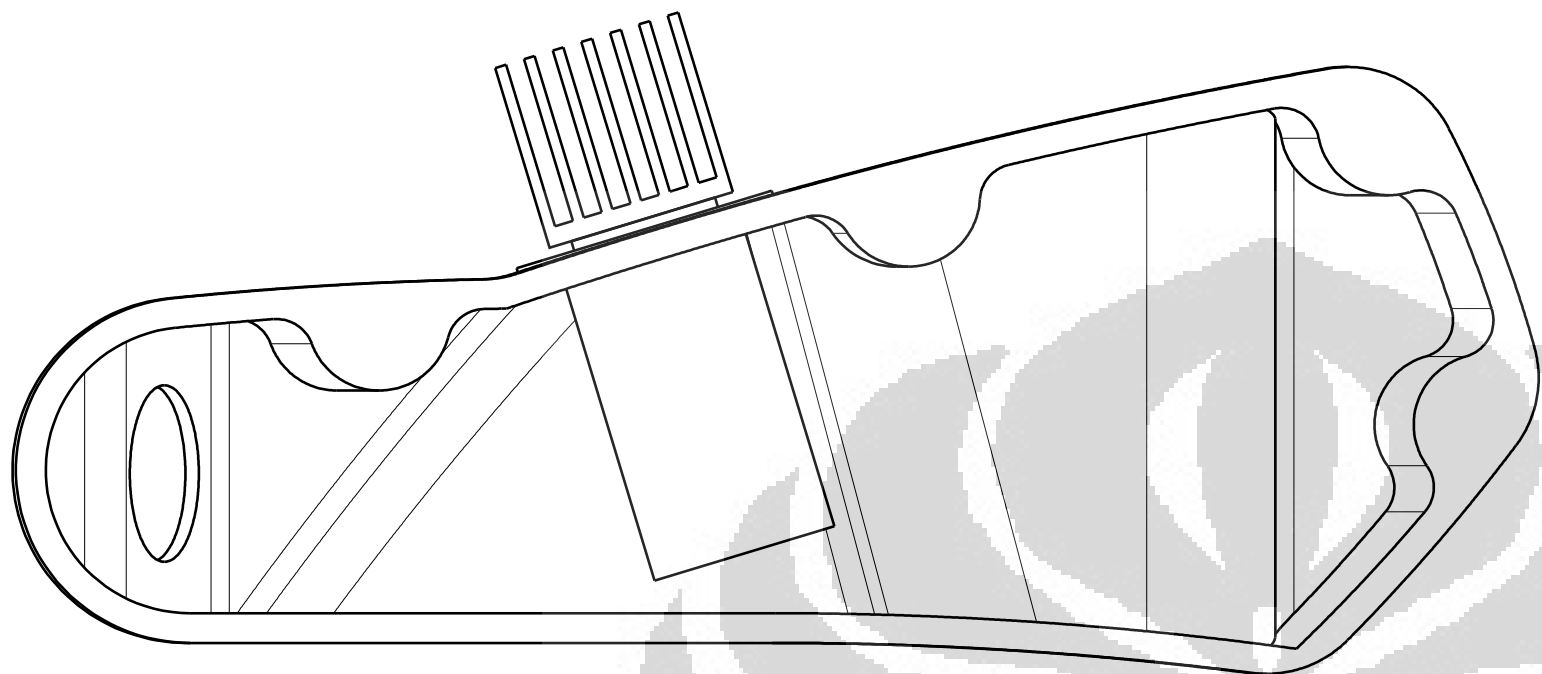
menurunkan suhu lebih baik, untuk itu dapat dipertimbangkan pendingin udara dengan cairan (*liquid*) sebagai media penyerap panas.

2. Membuat beberapa desain alat agar lebih banyak percobaan yang dapat dilakukan sehingga hubungan yang lebih akurat dapat diperoleh.

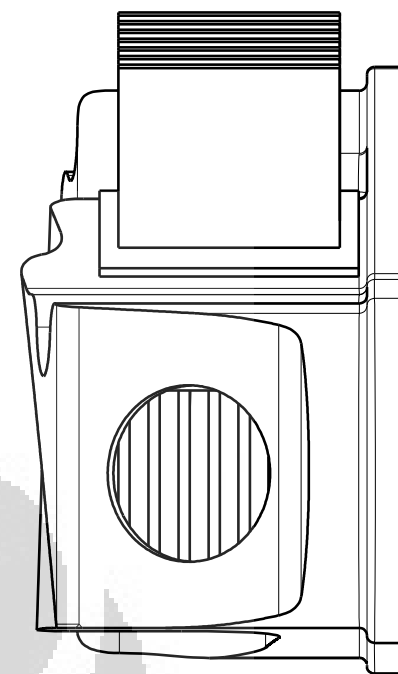


DAFTAR PUSTAKA

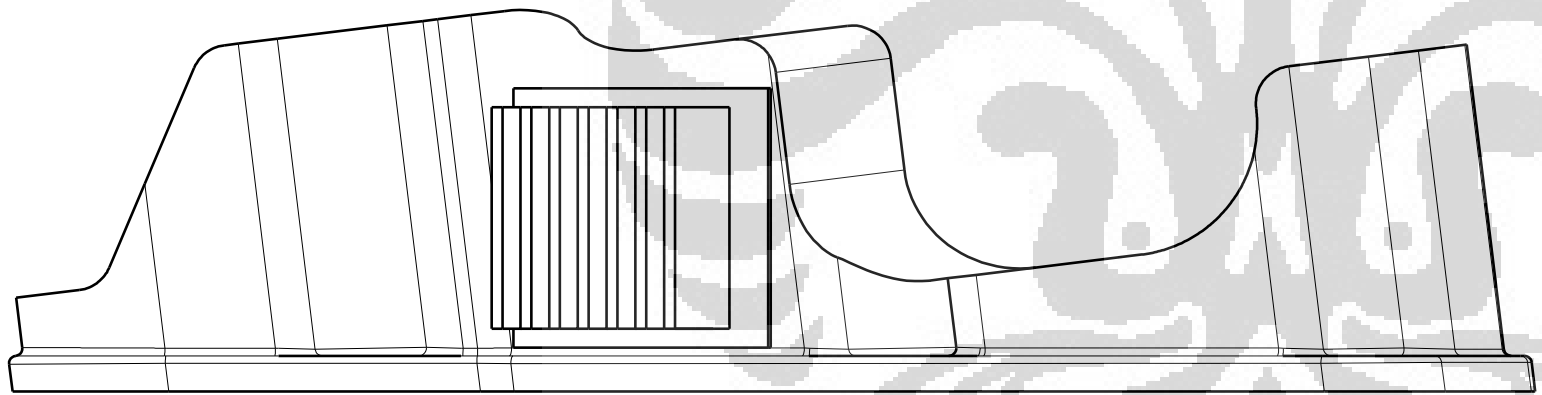
- Badan Pusat Statistik. (2011). *Kepemilikan Sepeda Motor 1987-2011*. November, 2011. http://www.bps.go.id/aboutus.php?tabel=1&id_subyek=17
- Asosiasi Industri Sepedamotor Indonesia. (2011). *Market share sepeda motor Indonesia*. September, 2011. <http://www.aisi.or.id/statistic/>
- Kurniawan, Rachmat. (2011). *Problem pada motor matic*. Otoklinik : Otomotifnet.com. <http://otoklinik.otomotifnet.com/> 29 Nov 2011.
- Cengel, Y. & M. A. Boles. (2006). *Thermodynamic : An Engineering Approach* (5th). New York: McGraw-Hill.
- Pulkrabek, Willard W. (2003). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. New Jersey: Prentice Hall.
- Sugiarto, Bambang. (2003). *Motor Pembakaran Dalam*. ISBN 979-97726-7-2
- Heywood, John B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill.
- Salvisberg, Marc. *True Horsepower - Effective HP scale - The Industry wide achievable HP standard* <http://www.factorypro.com/dyno/true1.html>
- Brown & LeMay & Bursten. (2002). *Chemistry : The Central Science*. New Jersey: Prentice Hall.
- Jau-Huai Lu (2010) *Chapter 2 Basic Combustion Chemistry Mechanical Engineering Departement, National Chung - Hsing University : Taiwan*
- Steinbrecher, Tillmann. (1997-2010). *THE HEATSINK GUIDE: Peltier Guide, Part 1*. <http://www.heatsink-guide.com/peltier.htm>.
- B.J Huang, C.J Chin, C.L Duang. (1998). *A design method of thermoelectric cooler*. Elsevier Inc : ScienceDirect
- Sugiyanto. (2008). *Pengembangan Cool Box Sepeda Motor Berbasis Thermoelectric dan Heat Pipe*. Depok : Departemen Teknik Mesin FTUI.
- Priangan, Rizki Rajab. (2011). *Perancangan Pendingin Kabin Mobil Berbasis Termoelektrik*. Depok : Departemen Teknik Mesin FTUI.
- Widiarosi, Didi Wahyu. (2009) *Pengembangan dan pengujian vaccine carrier box berbasis termoelektrik dan heat pipe*. Depok : Departemen Teknik Mesin FTUI.



Front view
Scale: 1:2

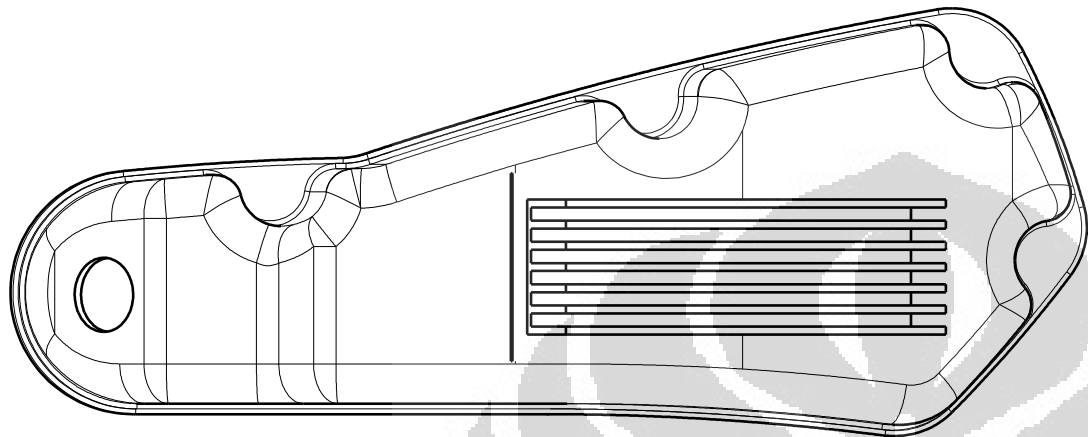


Left view
Scale: 1:2

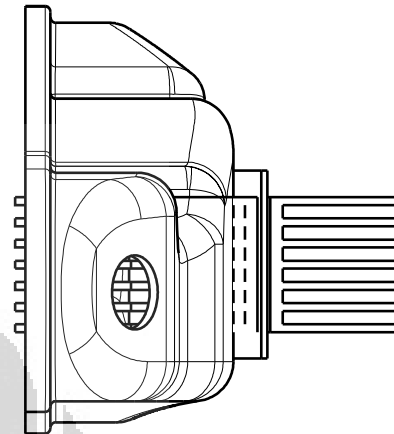


Top view
Scale: 1:2

					PART NO.	PARTS	AMT	MATL	NOTE
									SHEET NO. 1 / 1
SIGN	PLAN	ALTERATION	CONTENT	DATE	CHARGE	PRESS DIE MANUFACTURE (CONCEPTION) DWG			1 / 1
						NAME		DIE	
						AIR COOLER REAR		/	
SCALE	POST	RECOGNIZE	CHECKER	CHECKER	DESIGNER/ DRAWER	PART NO.		MODEL	
1:2						17230-KZL-C300		TRY-01	
SIZE				Alief RH	Roy W	UNIVERSITY OF INDONESIA			
A3				30/04/2012	30/04/2012				



Front view
Scale: 1:2



Left view
Scale: 1:2



Top view
Scale: 1:2

						PART NO.	PARTS	AMT	MATL	NOTE
										SHEET NO. 1 / 1
SIGN	PLAN	ALTERATION	CONTENT	DATE	CHARGE	PRESS DIE MANUFACTURE (CONCEPTION) DWG				
						NAME AIR COOLER FRONT			DIE /	
SCALE 1:2	POST	RECOGNIZE	CHECKER	CHECKER	DESIGNER/ DRAWER	PART NO. 17230-KZL-C200			MODEL TRY-01	
						UNIVERSITY OF INDONESIA				

Prefixes	Mass	Distance	Volume
Metric	1 kg = 2.205 lb	1 cm = 0.4 in	1 L = 0.264 gal = 1000 cm ³ (ml)
pico (p) = 10 ⁻¹²	1 lb = 453.6 g = 16oz	1 m = 3.281 ft = 1.094 yd	1 m ³ = 1000 L = 35.3 ft ³ = 264 gal
nano (n) = 10 ⁻⁹	1 metric tonne = 1,000kg = 2,205lb	1 km = 0.62137 mi = 199 rod	1 gal = 3.785 L = 4 qt = 16 c = 128 oz
micro (μ) = 10 ⁻⁶	1 US short ton = 907kg = 2,000lb	1 mi = 1.609km	1 ft ³ = cf = 28.32 L = 7.482 gal
deca (da) = 10 ¹	1 UK long ton = 1,016kg = 2,239lb	1 smoot = 1.702 m = 5.83 ft	1 bbl = 42 U.S. gal = 159 L = 5.6 ft ³
kilo (k) = 10 ³	Temperature	Area	1 cord = 128 ft ³ = 3.62 m ³
mega (M) = 10 ⁶	°F = 1.8 • °C + 32	1 m ² = 10.765 ft ²	1 ac-ft = 43560 ft ³ = 325,851 gal
giga (G) = 10 ⁹	°K = (°F - 32) • 5/9 + 273.15	1 km ² = 0.386 mi ² = 10 ⁶ m ²	1 km ³ = 0.24 mi ³ = 810,713 acre-ft
tera (T) = 10 ¹²	Time	1 ha = 10 ⁴ m ² = .01 km ² = 2.47 ac	1 bu = 4 pck = 8 gal = 35.2 L = 2,150 in ³
peta (P) = 10 ¹⁵	3,600 sec/hour 730 hour/month	1 mi ² = 2.6 km ² = 640 ac	Flow Rates
exa (E) = 10 ¹⁸	365.25 day/year 8,766 hour/year	1 ac = 4,047 m ² = 43,560 ft ²	1 mbd = 1 Mbbl/day = 15.34 Ggal/yr
zetta (Z) = 10 ²¹	31,536,000 sec/year	Pressure	= 694.4 bbl/min = 11.57 bbl/sec
Roman	Fuel Economy	1MPa = 10bar = 9.87atm = 145psi	= 485.9 gal/sec
m = 10 ³	1 mpg = 0.4251 km/L	1atm = 1.0132 bar = 760 mmHg	1 ft ³ /s = 641 bbl/hr = 449 gal/min (gpm)
mm = 10 ⁶	1 mpg = 235.2/ L/100 km	= 14.696 psi = 10.33 ton/m ³	1 bbl oil/day ≈ 50 metric ton oil/yr
quad = 10 ¹⁵			1 gpm = 0.063 L/s = 0.00442 ac-ft/day

Energy Unit Conversion

1 J = 1 Nm = 1 kgm²/s² = 0.239 cal = 0.74 ft-lb
 1 Cal = 1 kcal = 1000 cal = 4.187 KJ = 3.968 Btu
 1 KJ = 0.239 Cal = 0.947817 Btu ≈ 0.95 Btu
 1 Btu = 1,055.056 J = 0.252 kcal
 1 kWh = 3.6 MJ = 3,412 Btu; (1MWh = 3.6 GJ = 3.412 mmBtu)
 1 mmBtu = 10⁶ Btu = 1.055 GJ = 1 decatherm
 1 mcf nat. gas (LHV) = 10.27 therm = 1.027 mmBtu = 1.082 GJ
 1 toe = 41.868 GJ = 39.683 mmBtu = 11.63 MWh = 7.33bbl
 1 tce = 29.308 GJ = 27.778 mmBtu = 8.141 MWh
 1 Quad = 10¹⁵ Btu = 1.055 EJ = 293 TWh = 25.2 Mtoe = .974 TCF
 1 EJ = 10⁹ GJ = 10¹⁸ J = .95 Quad
 1 TWyr = 31.5 EJ = 29.86 Quad

Energy Content (Lower Heating Values) (ton = metric tonne)

Crude Oil = 6.119 GJ/bbl = 5.8 mmBtu/bbl = 39.7 mmBtu/ton
 = 145.7 MJ/gal = 38.5 MJ/L = 43.8 MJ/kg (GJ/ton)
 Gasoline = 121.3 MJ/gal (= 32.1 MJ/L = 43.1 MJ/kg = 115 mBtu/gal)
 Diesel = 135.5 MJ/gal (= 35.8 MJ/L = 42.8 MJ/kg = 128 mBtu/gal)
 Biodiesel = 124.8 MJ/gal (= 33.0 MJ/L = 37.5 MJ/kg = 121 mBtu/gal)
 Ethanol = 80.2 MJ/gal (= 21.2 MJ/L = 26.9 MJ/kg = 76 mBtu/gal)
 Methanol = 60.4 MJ/gal (= 15.9 MJ/L = 20.1 MJ/kg = 57 mBtu/gal)
 UN Standard Coal = 30 GJ/ton
 Bituminous = 27-30 GJ/ton (MJ/kg) = 25-28 mmBtu/ton
 Sub-Bitum. = 20-26 GJ/ton (MJ/kg) = 19-24 mmBtu/ton
 Lignite = 10-19 GJ/ton (MJ/kg) = 9-18 mmBtu/ton
 Nat Gas @ STP = 53.2 MJ/kg = 38.2 MJ/m³ = 1027 Btu/ft³
 CNG @ 20 MPa = 50.0 MJ/kg = 9.3 MJ/L = 249.6 mBtu/ft³
 H₂ @ 35MPa (HHV) = 120.0 MJ/kg = 2.7 MJ/L = 72.5 mBtu/ft³
 LPG @ 1.5 MPa = 88.1 MJ/gal = 23.3 MJ/L = 625.5 mBtu/ft³
 Air-Dried Wood(20% Moisture Content) = 15 GJ/ton
 Uranium = 80 GJ/g fissioned = 400 GJ/kg mined (fn'd = 5% mn'd)

Energy of Familiar Phenomena/Society

Quart of Boiling Water = 3 MJ 1 wooden match = 1 Btu
 Melt 1 lb Ice = 151 kJ = 143 Btu
 1-GWe Plant running 24 hrs = 260 TJ
 Daily Human Metabolism = 2500 kCal/day = 120 W
 Compact Passenger Car at steady 60 mph:
 Chem. Energy Consumption = 70 kW = 94 hp
 Mech. Energy Production = 15 kW = 20 hp
 '05 US Oil Use = 20.55 Mbpd = 7.506 Gbbl/yr = 238 bbl/sec
 '05 Global Oil Use = 84.37 Mbpd = 31.89 Gbbl/yr = 976.5 bbl/sec
 '05 US Primary Energy Use ≈ 3.35 TW ≈ 105 EJ/yr ≈ 100 quad/yr
 '05 Global ≈ 16 TW ≈ 504 EJ/yr ≈ 480 quad/yr
 Solar Influx at Earth Surface ≈ 100 PW = 3.1 YJ/yr = 200 W/m²

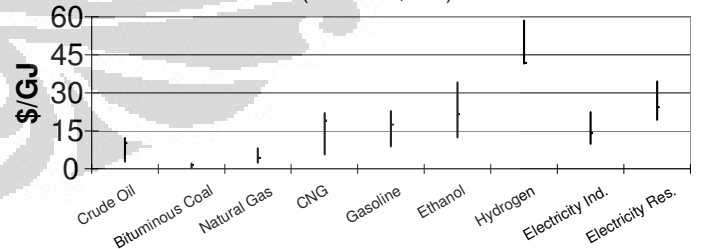
Density

Water = 1 g/cm³ = 1 g/ml = 1 kg/L = 1 metric tonne/m³
 Air at Sea Level = 1.2 kg/m³
 Crude Oil = 0.88 (0.75 -0.98) kg/L = 7.34 lb/gal = 140 kg/bbl
 Gasoline = 0.745 kg/L = 6.22 lb/gal
 Diesel = 0.837 kg/L = 7.00 lb/gal; Biodiesel = 0.880 kg/L
 Ethanol = 0.789 kg/L = 6.58 lb/gal
 Methanol = 0.792 kg/L = 6.61 lb/gal
 Nat. Gas = 0.717 kg/m³ = 44.8 lb/mcf
 CNG @ 20MPa = 0.185 kg/L = 11.5 lb/ft³ = 5.66 lb/gge
 LPG (propane) = 0.540 kg/L = 33.7 lb/ft³
 Hydrogen = 0.025 kg/L (35MPa); 0.08988 kg/m³ (STP)
 Coal ≈ 1.32 kg/L = 1230 metric ton/ha-m = 1800 sht ton/acre-foot
 API Gravity = (141.5/[Density in g/cm³ at 60 °F]) - 131.5
 Light Crude API > 31.1°; Heavy API < 22.3°; Bitumen API ~ 8°

Power Unit Conversion

1 W = 1 J/s = 3.6 kJ/hour = 31.5 MJ/year
 1 kW = 1.341 hp = 738ft-lb/s
 1 hp = 745.7 W = 0.7068 Btu/s
 1 TW = 10¹² W = 31.5 EJ/year
 1 ton-refrigeration = 12,000 Btu/hr = 200 Btu/min = 3.517 kW

Historic US Retail Prices (US2000\$/GJ)



Carbon Dioxide (CO₂) Emission Factors

Note: 44/12 or 3.667 ton CO₂ emissions per ton C emissions
 Natural Gas = 121 lb/mcf = 117.1 lb/mmBtu = 50.3 kg/GJ
 Gasoline = 19.56 lb/gal = 156.4 lb/mmBtu = 67.2 kg/GJ
 Diesel = 22.38 lb/gal = 161.4 lb/mmBtu = 69.4 kg/GJ
 Bt. Coal = 4,931 lb/sht ton = 205.3 lb/mmBtu = 88.3 kg/GJ
 Petrol Coke = 32.40 lb/gal = 225.1 lb/mmBtu = 96.8 kg/GJ
 Electric US Av = 1.34 lb/kWh = 0.608 ton/MWh = 168.8 kg/GJ
 Coal-fired Elec = 2.095 lb/kWh = .95 kg/kWh = 260 kg C/MWh
Global Warming Potential (GWP) (τ = 100yr)
 CO₂ = 1 CH₄ = 23 N₂O = 296 SF₆ = 22,200
 HFCs = 12 - 12,000 PFCs = 5,700 - 11,900

CHASSIS DYNAMOMETER MEASURING RESULT

UNIT SPACY FI NTER COOLER KM 500,VER

Issued date : 11-May-12
Doc. Number : MST/ CHDY1/ 5/ 12/46

1. MOTOR CYCLE DATA

TYPE : SPACY FI
Engi.No : JFAE1E1000007
Frm No : MH1JFA11XBK00007
Product : Plant-3 (Cikarang)
Prod.date : -
Odometer : 500 KM
Event : INTERCOOLER ON

2. AMBIENT

Test date : 11-May-12
Time : 15:45
Dry Temp : 31.5 °C
Wet Temp : 26.6 °C
Kfactor : 1.030
Surveyor : -

3. CHECK & SETTING

Item	unit	Measured	Standard
Tappet clrc IN/ EX	mm	0.16	0.16 / 0.16
Spark Plag Gap	mm	0.8	0.8 -0.9
Throttle setting	-	OK	Scale 1:1 set on CHDY
Chain Adjust	mm	-	-
Tire pressure (Rr) :			
Pre	Psi	33	33
Post	Psi	37	-
Engine Oil	-	10W - 30	10W - 30 MB
Fuel	-	Premium	Premium
Idle Speed	rpm	-	1700 ± 100
Comp. Pressure	Kgf	-	12.2
Comp. Ratio	-	-	9.5 :1

4. MEASURING DATA

Unit No.: SPACY FI INTERCOOLER, KM 500,VER								
SPEED	ENG REVO	FORCE	K-POWER		Emission	Fuel Capa	Fuel SFC	
[km/h]	[r/min]	[N]	[kW]	[PS]	(%CO)	(l/h)	[g/kW.h]	
30.0	5,753	401.2	3.45	4.69	5.8	2.3	536.6	
40.1	6,029	273.9	3.14	4.27	6.0	2.4	608.5	
50.1	6,311	227.0	3.25	4.42	5.3	2.4	591.5	
60.1	6,406	178.5	3.07	4.17	5.6	2.6	657.1	
70.1	6,699	161.5	3.24	4.41	6.0	2.7	649.7	
75.1	7,178	154.0	3.31	4.51	5.4	2.8	653.8	
80.2	7,576	100.9	2.32	3.15	5.6	2.9	990.0	

Max : 401.18 3.45
Compare to Std : -28.15% **NG**

NOTE :

Power Train Performance

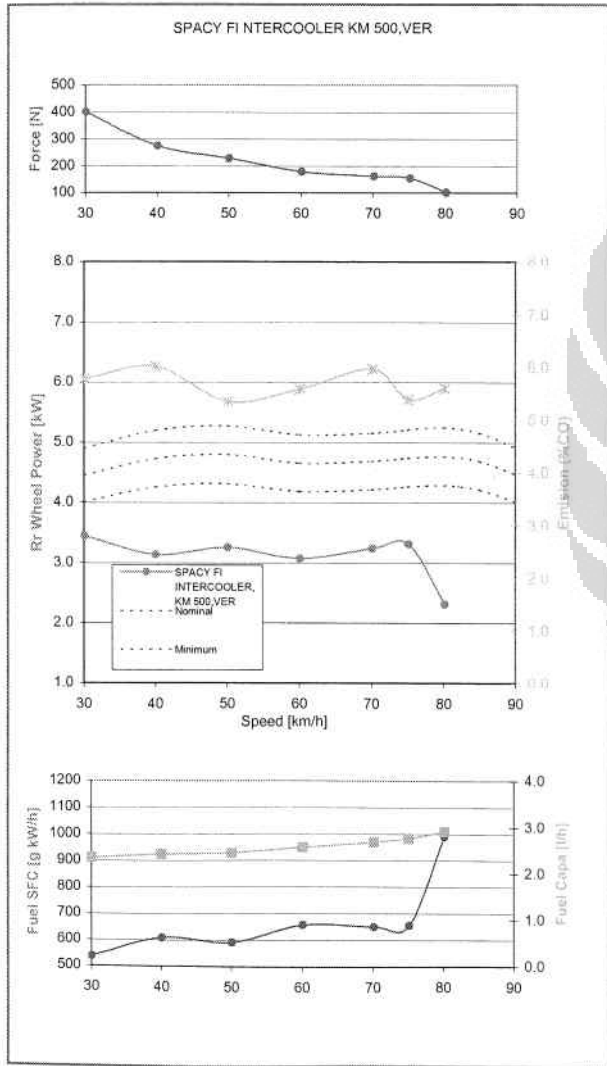
Max Power EGDY : kW
Power Losses = (Max RWP - Max EGDY) / Max EGDY =
Efisiensi = Max Rear Wheel Power / Max Power EGDY =

	std
#DIV/0!	> -20 %
#DIV/0!	min 80 %

Judgement **OK** **NG**

MEASURING METHODE

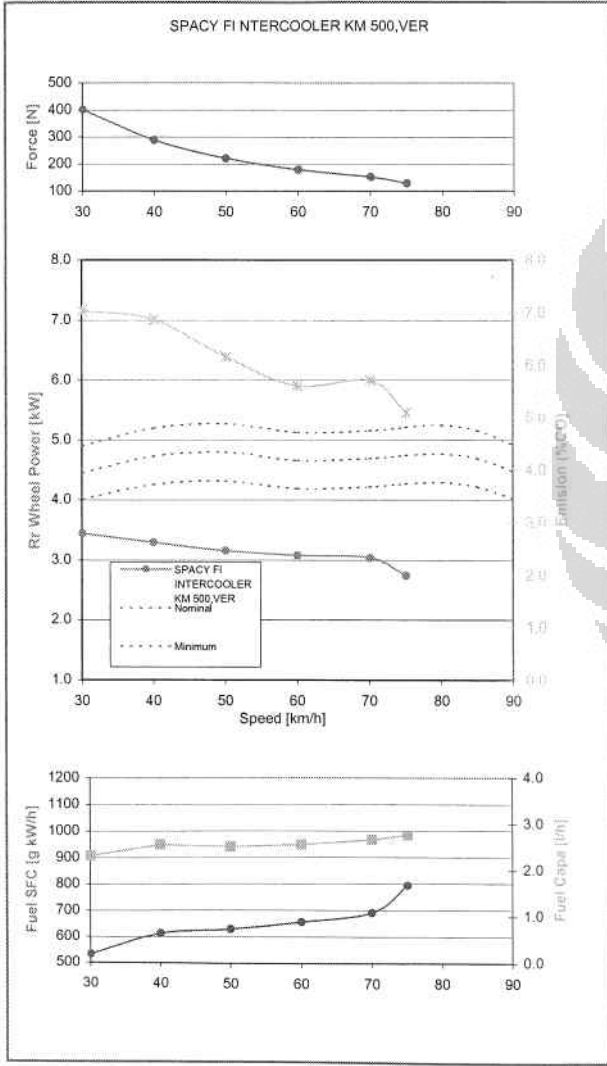
1. Engine running In
 V at Test Course at Engine/ Ch Dynamometer
Procedure Running In at Chassis Dynamometer :
Step 1 --> Speed 50 km/h, Throttle open 50%, blower 60%, time 30 minute
Step 2 --> Speed 50 km/h, Throttle open 75%, blower 80%, time 60 minute
Step 3 --> Speed 50 km/h, Throttle open 100%, blower 100%, time 90 minute
*** Note : Oil temperature max 120°C
Procedure Running In at Test Course (Matic Type)
Unit di Running dengan cara discanning bukaan throttlenya; mulai dari berenti putar max turunkan lagi sampai 0 km/j, dst sampai 100 km
2. Performance Measurement
K.Power [PS & kW], Force [N], FSFC [g/kW.h], with speed range [30-120 km/h]



CHASSIS DYNAMOMETER MEASURING RESULT

UNIT SPACY FI INTER COOLER KM 500, VER

Issued date : 11-May-12
Doc. Number : MST/ CHDY1/ 5/ 12/ 47



1. MOTOR CYCLE DATA

TYPE : SPACY FI
Engi.No : JFAE1E1000007
Frm No : MH1JFA11XBK00007
Product : Plant-3 (Cikarang)
Prod.date : -
Odometer : 500 KM
Event : INTERCOOLER OFF

2. AMBIENT

Test date : 11-May-12
Time : 14:04
Dry Temp : 31.6 °C
Wet Temp : 26.7 °C
Kfactor : 1.030
Surveyor :

3. CHECK & SETTING

Item	unit	Measured	Standard
Tappet clrc IN/ EX	mm	0.16	0.16 / 0.16
Spark Plag Gap	mm	0.8	0.8 -0.9
Throttle setting	-	OK	Scale 1:1 set on CHDY
Chain Adjust	mm	-	-
Tire pressure (Rr) :			
Pre	Psi	33	33
Post	Psi	37	-
Engine Oil	-	10W - 30	10W - 30 MB
Fuel	-	Premium	Premium
Idle Speed	rpm	-	1700 ± 100
Comp. Pressure	Kgf	-	12.2
Comp. Ratio	-	-	9.5 : 1

4. MEASURING DATA

Unit No.: SPACY FI INTERCOOLER KM 500,VER							
SPEED	ENG REVO	FORCE	K.POWER		Emission	Fuel Capa	Fuel SFC
[km/h]	[r/min]	[N]	[kW]	[PS]	(%CO)	(l/h)	[g/kW.h]
30.0	5,679	400.9	3.44	4.68	7.0	2.3	533.0
40.0	6,098	287.4	3.29	4.48	6.9	2.6	612.6
50.0	6,270	220.0	3.15	4.28	6.2	2.5	628.6
60.1	6,460	179.0	3.08	4.18	5.6	2.6	654.3
70.1	6,737	151.4	3.04	4.13	5.7	2.7	690.2
75.1	7,196	127.6	2.74	3.73	5.1	2.8	792.3

Max : 400.91 3.44 **NG**
Compare to Std : -28.25%

STANDARD :

SPEED	FORCE	POWER			Fuel SFC
		Minimum	Nominal	Maximum	
[km/h]	[N]	[kW]	[kW]	[kW]	[g/kW.h]
30.0		4.01	4.45	4.90	
40.0		4.26	4.73	5.20	
50.0		4.32	4.80	5.28	
60.0		4.19	4.66	5.13	
70.0		4.22	4.69	5.16	
75.0		4.27	4.74	5.21	
80.0		4.29	4.77	5.25	
85.0		4.22	4.69	5.16	
90.0		4.02	4.47	4.92	

Max : 4.80

NOTE :

Power Train Performance
Max Power EGDY : kW
Power Losses = (Max RWP - Max EGDY)/ Max EGDY =
Efisiensi = Max Rear Wheel Power/ Max Power EGDY =

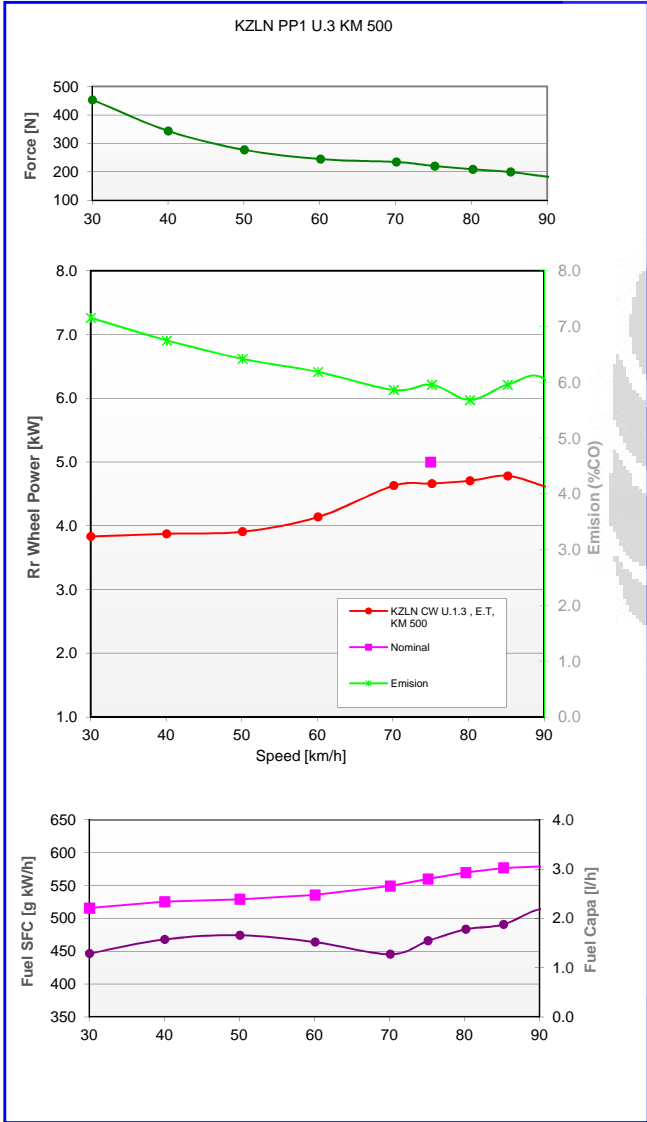
std	
#DIV/OI	> -20 %
#DIV/OI	min 80 %
Judgement	OK NG

MEASURING METHODE

1. Engine running in at Test Course at Engine/ Ch Dynamometer
Procedure Running In at Chassis Dynamometer:
Step 1 --> Speed 50 km/h, Throttle open 50%, blower 60%, time 30 minute
Step 2 --> Speed 50 km/h, Throttle open 75%, blower 80%, time 60 minute
Step 3 --> Speed 50 km/h, Throttle open 100%, blower 100%, time 90 minute
*** Note : Oil temperature max 120°C
Procedure Running In at Test Course (Matic Type)
Unit di Running dengan cara discanning bukaan throtliennya, mulai dari berhenti putar max turunkan lagi sampai 0 km/j, dst sampai 100 km
2. Performance Measurement
K.Power [PS & kW], Force [N], FSFC [g/kW.h], with speed range [30-120 km/h]

CHASSIS DYNAMOMETER MEASURING RESULT

Issued date : 4-Jun-12
Doc. Number : MST/CHDY1/ 10/ 11/19



1. MOTOR CYCLE DATA

TYPE : SPACY FI	Test date : 1-Jun-2012
Engi.No : JFA1E1000007	Time : 11:39
Frm No : MH1JFA11XBK00007	Dry Temp : 31.1 °C
Product : Plant-3 (Cikarang)	Wet Temp : 24.3 °C
Prod.date : -	Kfactor : 1.014
Odometer : 500 KM	Surveyor :
Event : ENDURANCE TEST	

2. AMBIENT

TYPE : SPACY FI	Test date : 1-Jun-2012
Engi.No : JFA1E1000007	Time : 11:39
Frm No : MH1JFA11XBK00007	Dry Temp : 31.1 °C
Product : Plant-3 (Cikarang)	Wet Temp : 24.3 °C
Prod.date : -	Kfactor : 1.014
Odometer : 500 KM	Surveyor :
Event : ENDURANCE TEST	

3. CHECK & SETTING

Item	unit	Measured	Standard
Tappet clrc IN/ EX	mm	0.16	0.16 / 0.16
Spark Plag Gap	mm	0.8	0.8 -0.9
Throttle setting	-	OK	Scale 1:1 set on CHDY
Chain Adjust	mm	-	-
Tire pressure (Rr) :			
Pre	Psi	33	33
Post	Psi	36	-
Engine Oil	-	10W - 30	10W - 30 MB
Fuel	-	Premium	Premium
Idle Speed	rpm	-	1700 ± 100
Comp. Pressure	Kgf	-	9.5 : 1
Comp. Ratio	-	-	12.2

4. MEASURING DATA

Unit No.: KZLN CW U.1.3 , E.T, KM 500							
SPEED [km/h]	ENG REVO [r/min]	FORCE [N]	K.POWER		Emission (%CO)	Fuel Capa (l/h)	Fuel SFC [g/kW.h]
			[kW]	[PS]			
30.0	5,543	453.0	3.83	5.21	7.2	2.2	446.6
40.1	5,837	343.4	3.87	5.27	6.8	2.3	468.2
50.1	5,963	277.0	3.91	5.31	6.4	2.4	474.4
60.1	6,137	244.4	4.14	5.63	6.2	2.5	463.9
70.1	6,742	234.4	4.63	6.29	5.9	2.7	445.4
75.2	7,199	220.1	4.66	6.34	6.0	2.8	466.0
80.2	7,709	208.3	4.70	6.40	5.7	2.9	483.4
85.2	8,182	199.2	4.78	6.50	6.0	3.0	490.9
90.2	8,637	181.5	4.61	6.27	6.0	3.1	514.5
95.2	9,096	166.1	4.46	6.06	4.7	2.9	509.7

Max : **452.98** **4.78**
Compare to Std : **-4.36%** **OK**

STANDARD : 0001Z - KZLH - C000

SPEED [km/h]	FORCE [N]	POWER			Fuel SFC [g/kW.h]
		Minimum [kW]	Nominal [kW]	Maximum [kW]	
75.0			5.00		
		Max :			5.00

NOTE :

Power Train Performance

Max Power EGDY : kW **std**

Power Losses = (Max RWP - Max EGDY) / Max EGDY = % **#DIV/0!** > -20 %

Efisiensi = Max Rear Wheel Power / Max Power EGDY = % **#DIV/0!** min 80 %

Judgement **OK** **NG**

MEASURING METHODE

1. Engine running in
 V at Test Course at Engine/ Ch Dynamometer

Procedure Running In at Chassis Dynamometer :

Step 1 --> Speed 50 km/h, Throtle open 50%, blower 60%, time 30 minute
 Step 2 --> Speed 50 km/h, Throtle open 75%, blower 80%, time 60 minute
 Step 3 --> Speed 50 km/h, Throtle open 100%, blower 100%, time 90 minute

*** Note : Oil temperature max 120°C

Procedure Running In at Test Course (Matic Type)

Unit di Running dengan cara discanning bukan throtlenya; mulai dari berhenti putar max turunkan lagi sampai 0 km/j, dst sampai 100 km

2. Performance Measurement
 K.Power [PS & kW], Force [N], FSFC [g/kW.h], with speed range [30-120 km/h]



Cari kata dasar dalam KBBI sama dengan

Daftar Kata :

- [unjuk \(1\)](#)
- [unjuk \(2\)](#)

²un-juk *v*, -- **beri tahu** *n cak* memberi tahu; memaklumkan;
-- *yg tidak diberikan, pb* berjanji akan memberi sesuatu, tetapi hanya kata-kata (tidak dipenuhi);
-- **periksa unjuk** beri tahu; -- **gaya** memperagakan penampilan di berbagai gaya; -- **gigi cak** menunjukkan kekuatan (kepandaian, kekuasaan, kemarahan, dsb): *semua penonton tidak menduga bahwa Persija -- gigi di babak final*; -- **kerja** cara bekerja, perilaku, penampilan: *belum tentu ia bisa sampai ke puncak mengingat -- kerja hidupnya spt itu*; -- **muka** memperlihatkan diri (di hadapan atasan, pejabat, dsb)