

**ANALISA KINERJA MOTOR BENSIN VOLUME 1000 CC DENGAN
TURBOCHARGER SECARA TERMODINAMIKA**

SKRIPSI

OLEH

KRISTINO MANALU

13.813.0049



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2018

LEMBAR PERNYATAAN

yang bertanda tangan dibawa ini :

Nama : KRISTINO MANALU

Npm : 13.813.0049

Jurusan : Teknik mesin

Fakultas : Teknik

Judul skripsi : "Analisa Kinerja Motor Bensin Volume 1000 CC Dengan Turbocharger Secara Termodinamika"

dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri, bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah,

Saya bersedia menerima sanksi-sanksi dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini

Medan, 2018



KRISTINO MANALU

138130049

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA KINERJA MOTOR BENSIN VOLUME 1000 CC DENGAN
TURBOCHARGER SECARA TERMODINAMIKA**

SKRIPSI

Oleh :

Kristino Manalu

13.813.0049

Disetujui :

Pembimbing I

Ir.H.Darianto, MSc

Pembimbing II

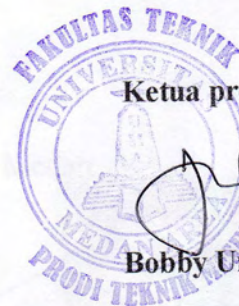
Ir.Husin Ibrahim, MT

Mengetahui :



Dekan

Prof.Dr.Dadan Ramdan, M.Eng.MSc



Ketua prodi

Bobby Umroh, ST.MT

ABSTRACT

Basically, a four-stroke engine which is provided with the turbocharger has a higher suction pressure than surrounding atmosphere pressure. This is due to the forcing of atmospheric pressure into cylinder during the suction step. Turbocharger is utilized to enlarging the motor power (30-80%). The result reveals that by using turbocharger, value of thermal efficiency, mechanical efficiency, and volumetric have a big impact toward the temperature and pressure as 1.03 Atm or 104.3647 Kpa on volume machine 1,000 cc on rotary 4,000 RPM. Thus, the bigger the total W_{net}, the smaller the total thermal efficiency. The greater the P_a, the greater the greater the η_m (mechanical efficiency). Also, the greater the P_a, the η_v .

Keywords: Motor fuel, turbocharger, thermodynamics.

ABSTRAK

Pada prinsipnya sebuah motor bakar bensin empat langkah yang bekerja dengan turbocharger tekanan isapnya lebih tinggi dari tekanan atmosfer sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan jalan memaksa udara atmosfer masuk kedalam silinder selama langkah isap. Tujuan dari penggunaan turbocharger adalah untuk memperbesar daya motor (30-80%), sehingga dari hasil riset dengan memakai turbocharger, nilai efisiensi thermal, efisiensi mekanis dan volumetrik sangat berpengaruh terhadap temperatur dengan tekanan 1.03 Atm Atau 104,3647 Kpa, pada mesin volume 1000 cc pada putaran 4000 RPM, Semakin besar jumlah W_{net} maka semakin kecil jumlah efisiensi thermalnya, Semakin besar w_i (daya indikator kw atau hp) maka η_m (efisiensi mekanis) nya juga semakin besar, Semakin besar P_a nya maka η_v juga semakin besar

Kata kunci : Motor bakar, turbocharger, Termodinamika



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. prinsip kerja langkah hisap motor empat langkah.....	6
Gambar 2.2 prinsip langkah kompresi motor empat langkah	6
Gambar 2.3. prinsip langkah kerja motor empat langkah	7
Gambar 2.4 Prinsip Kerja langkah buang Motor Empat Langkah.....	8
Gambar 2.5 diagram p – v dan t – s siklus otto.....	9
Gambar 2.6 Diagram Siklus Aktual	13
Gambar 2.7. Langkah Kerja Piston Didalam Silinder.....	17
Gambar 2.8. Skema Instalasi Sederhana <i>Turbocharger Dengan Intercooler</i> ...	18
Gambar 2.9. Bagian-Bagian Assembling <i>Turbocharger</i>	19
Gambar 2.10. <i>Turbocharger Ecoboost Ford Fiesta</i>	20
Gambar 2.11. Instalasi Pemasangan <i>Turbocharger Ecoboost Ford Fiesta</i>	21
Gambar 2.12. Jenis-Jenis Aliran Pada Mesin Turbo (A) Aliran Radial (B) Aliran Aksial.	22
Gambar 2.13. idealisasi aliran melalui <i>fan</i> : (a) geometri sudu fan; (b) kecepatan absolut, v; kecepatan relatif, w; dan kecepatan Sudu, U Pada Saluran Masuk Dan Keluar Sudu <i>Fan</i>	24
Gambar 2.14. Perhitungan Sudut Dan Segitiga Kecepatan.....	26
Gambar 2.15. Skema Prinsip Kerja <i>Kompresor</i> ialah Untuk Mengisap Udara/Gas	27
Gambar 3.3. Gambar 3.3. kendaraan Ford Fiesta Ecoboost.....	37
Gambar 3.4. Alat <i>integrated diagnostic</i> Pengecekan Baik Tidaknya	

Kondisi Mesin Dan Turbocharger	37
Gambar 3.5. vehicle comunication modul (VCM).....	38
Gambar3.6. Leptop sebagai monitor informasi Pengecekan Baik	
Tidaknya Kondisi Mesin Dan Turbocharger	38
Gambar 3.7. Software Pengecekan mesin dan Turbocharger	39
Gambar 3.8. Display tools Pengecekan.....	39
Gambar 3.9. Compression Tester Untuk Mengukur Tekanan Kompresi	40
Gambar 3.10. Server Thermometer Untuk Mengukur Suhu Ruangan.....	41
Gambar 3.11. Server konversi satuan	41
Gambar 3.10. diagram alir	43



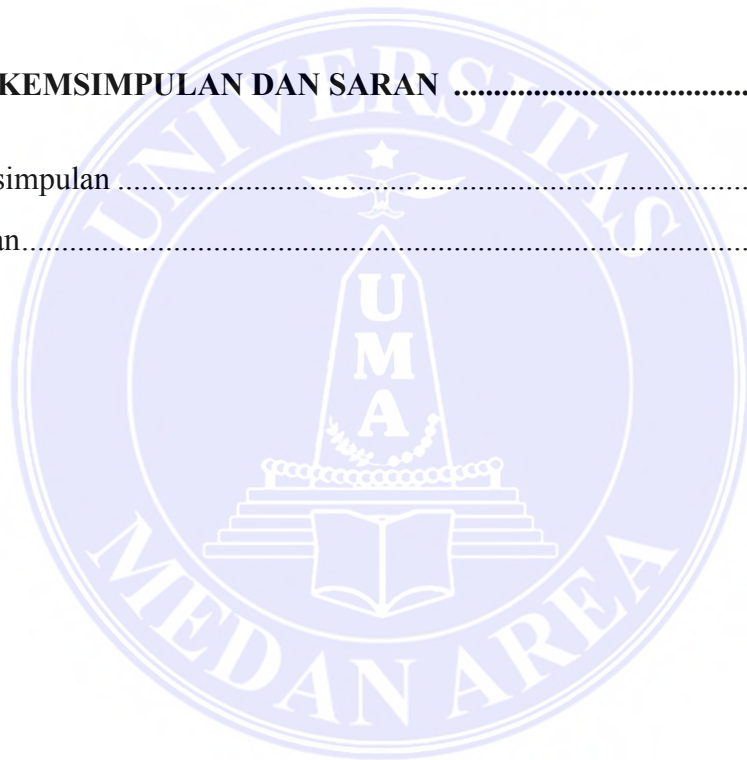
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	V
DAFTAR TABEL	Vii
DAFTAR NOTASI	Viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.4.1. Bagi peneliti.....	2
1.4.2. Bagi Perusahaan.....	3
1.4.3. Bagi Universitas Medan Area.....	3
1.4.4. Bagi Peneliti Lain	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Landasan Teori.....	4
2.1.1. Pengertian Dasar.....	4
2.1.2. Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin	5
2.1.3. Siklus Ideal Otto (Siklus Volume Konstan)	8

2.1.4. siklus Otto (Otto Cycle).....	12
2.1.5. Siklus Aktual	12
2.1.6. tekanan efektif rata – rata (mep).....	13
2.1.7. Daya Indikator (\dot{w}_i).....	14
2.1.8. Daya Poros.....	14
2.1.9. konsumsi bahan bakar	15
2.1.10. Efisiensi Termal	15
2.1.11. Volume Silinder	16
2.2. PRINSIP KERJA TURBOCHARGER.....	18
2.2.1. Bagian-Bagian Utama Turbocharger.....	19
2.2.2. Turbocharger	20
2.2.3. Kompresor	25
2.3.persamaan gas ideal.....	30
2.4.bahan bakar gas	31
2.5.persamaan reaksi pertamax	32
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Tempat Dan Waktu	34
3.1.1 Tempat Penelitian	34
3.1.2 Waktu Penelitian	34
3.2 Bahan Dan Peralatan	35
3.2.1 objek penelitian	35
3.2.2 data spesifikasi.....	35
3.2.3 peralatan.....	37

3.3 prosedur penelitian	41
3.4 diagram alir	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Mesin Dengan Turbocharger	44
4.1.1 Analisa Termodinamika	44
BAB V KEMSIMPULAN DAN SARAN	65
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran.....	66



DAFTAR TABEL

GambarTabel 2.16. Susunan dan sifat bbg di indonesia	32
GambarTabel 3.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	35
Gambar 3.2. tabel spesifikas ford 3.2.....	36



KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat tuhan yang maha esa karena atas limpahan rahmat serta anugerah-nya lah penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul **“analisa kinerja motor bensin volume 1000 CCDengan turbo charger secara termodinamika”**

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi teknik mesin fakultas teknik universitas medan area

Selama penulisan skripsi ini tentunya penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak yang telah mendukung dan membimbing penulis. Kasih yang tulus serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Ir. H. Darianto, MSc

Selaku pembimbing I

2. Bapak Ir.Husin Ibrahim, MT,

Selaku pembimbing II

3. Bapak Prof.Dr.Dadan Ramdan,M.Eng.MSc

Selaku DEKAN

4. Bapak Bobby Umroh, ST.MT

Ketua prodi

5. Kedua orang tua saya yang tak henti-hentinya memberikan ketulusan doanya agar proses skripsi bisa berjalan dengan lancar

6. Dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu dalam kontribusinya membantu proses penyusunan skripsi ini

Penulis menyadari dalam penyusunan penelitian ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi yang membutuhkannya,

Medan, 7 februari 2018

(Kristino manalu)

13 813 0049





BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat, dimana hal ini akan mendorong kepada setiap pabrik atau industri untuk mengembangkan temuannya, sebagai contohnya adalah dalam bidang teknologi otomotif yang mengalami perkembangan yang cukup pesat.

Tuntutan program dan permintaan konsumen yang menuntut agar teknologi haruslah akrab dengan lingkungan, dan pemakaian atau konsumsi bahan bakar yang sehemat mungkin. Hal ini merupakan tantangan tersendiri untuk para perancang otomotif atau para insinyur untuk terus berupaya dan berinovasi menciptakan kendaraan dengan tingkat polusi yang serendah-rendahnya, hemat bahan bakar serta mempunyai performa yang tinggi (Arismunandar,1988).

Untuk memperoleh hal tersebut diatas sudah tentu diperlukan suatu perangkat tambahan salah satu diantaranya dengan memakai *turbocharger*, *turbocharger* merupakan mekanisme untuk menyuplai udara dengan kepadatan yang melebihi kepadatan udara atmosfer kedalam silinder untuk ditekan pada langkah kompresi, dengan memanfaatkan gas buang untuk menggerakkan turbin, bersamaan dengan berputarnya turbin maka kompresor juga ikut berputar.

Dimana kompresor tersebut kemudian memompakan udara kedalam silinder sehingga akan menaikkan tekanan dan temperatur. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya kerapatan udara yang masuk kedalam silinder. Oleh karena itu diperlukannya suatu alat pendingin (*intercooler*) yang dapat mendinginkan udara sebelum masuk kedalam silinder. Dengan demikian tekanan efektif rata – rata dapat meningkat, sehingga daya motor meningkat.

Berdasarkan adanya performansi motor bakar yang meningkat. dan proses pembakaran bahan bakar dapat terjadi dengan sempurna sehingga akan mengurangi terjadinya polusi udara, serta pemanasan global dapat dikurangi. namun dibalik keunggulan mesin 1000 cc yang berteknologi turbocharger ini sering bermasalah, dalam proses pembakaran tidak sempurna karena kinerja piston tidak maksimal. Jadi boros bahan bakar. akibat pengaruh dari saringan udara yang kotor sehingga partikel debu yang menempel dipiston mengakibatkan piston jadi rusak serta suhu udara yang tinggi dapat mempengaruhi performa mobil bisa berkurang

1.2. Rumusan Masalah

1. Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan, permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah Menganalisa Kinerja Motor Bensin Volume 1000 cc Dengan Turbocharger secara termodinamika

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui berapa % efisiensi thermal, berapa % efisiensi mekanis dan berapa % efisiensi volumetrik pada mesin volume 1000 cc dengan turbocharger pada putaran 4000 RPM

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu :

1.4.1. Bagi Peneliti

Menambah wawasan, pengetahuan dan pemahaman ilmu yang telah diperoleh

1.4.2. Bagi Perusahaan

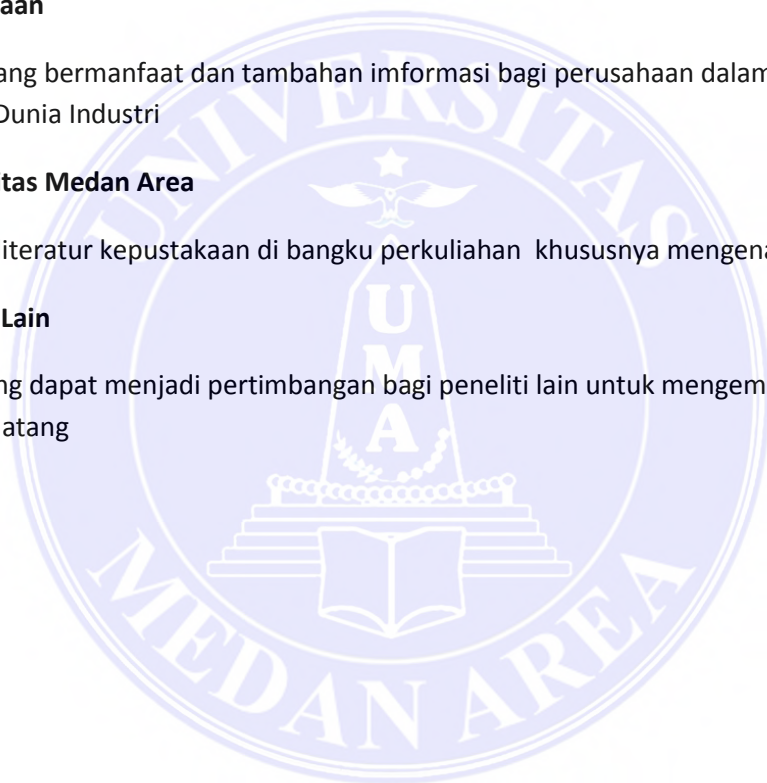
Sebagai masukan yang bermanfaat dan tambahan informasi bagi perusahaan dalam meningkatkan proses produksi di Dunia Industri

1.4.3. Bagi Universitas Medan Area

Sebagai tambahan literatur kepustakaan di bangku perkuliahan khususnya mengenai studi Motor Bakar

1.4.4. Bagi Peneliti Lain

Sebagai referensi yang dapat menjadi pertimbangan bagi peneliti lain untuk mengembangkan penelitian dimasa yang akan datang





BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Pengertian Dasar

Jika meninjau. Cara kerja mesin. pada umumnya adalah satu pesawat yang merubah bentuk energi tertentu menjadi energi mekanik. mesin listrik. merupakan mesin yang kerja mekaniknya di peroleh dari sumber listrik. Sedangkan mesin gas atau mesin bensin adalah mesin bensin yang kerja mekaniknya diperoleh dari sumber pembakaran gas atau bensin.

Mesin bensin dikatagorikan sebagai mesin kalor. Yang dimaksud dengan mesin kalor disini adalah mesin yang menggunakan sumber energi termal untuk menghasilkan kerja meknik, atau mesin yang dapat merubah energi termal menjadi kerja mekanik.

Selanjutnya jika ditinjau dari cara memperoleh sumber energi termal, jenis mesin kalor dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu, mesin pembakaran luar (internal combustion engine), yang dimaksud dengan mesin pembakaran luar adalah mesin dimana proses pembakaran terjadi diluar mesin, energi termal dari hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin melalui beberapa dinding pemisah. Contohnya adalah mesin uap. Sedangkan yang dimaksud dengan mesin pembakaran dalam, adalah mesin dimana proses pembakaran berlangsung didalam mesin itu sendiri, sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Mesin pembakaran dalam ini umumnya dikenal dengan sebutan motor bakar. Contoh dari mesin kalor pembakar dalam ini adalah,

motor bakar torak dan sistem turbin gas. Selanjutnya jenis motor bakar torak itu sendiri terdiri dari dua bagian utama yaitu, mesin bensin atau motor bensin dikenal dengan mesin oto atau mesin *beau des rochas*, dan motor disel. Perbedaan antara kedua mesin ini adalah pada sistem penyalanya. Pada mesin bensin penyalan bahan bakar dilakukan oleh percikan bunga api listrik dari antara kedua elektroda busi. Oleh sebab itu mobil bensin di kenal juga dengan sebutan *sprak ignition engine*. didalam mesin disel, penyalan bahan bakar terjadi dengan sendirinya, oleh karena itu bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakaryang berisi udarah yang bertenan dan bersuhu tinggi bahan bakar itu terbakar dengan sendirinya oleh udara yang mengandung o^2 bersuhu melampoi suhu titik nyala (*flash point*) dari bahan bakar. Mesin disel ini dikenal juga dengan sebutan *compression ignition engine*.

2.1.2. Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin

Motor bensin bekerja dengan gerakan torak bolak balik (bergerak naik turun pada motor tegak). Motor bensin bekerja menurut perinsip 4 langka (tak) dan dua langka (tak) yang dimaksud dengan istilah “langka” disini adalah perjalanan torak dari satu titik mati atas ke titik mati bawah.

Langkah Hisap

Torak bergerak ke bawa, katup masuk membuka, katup buang tertutup, terjadi kepakuman pada waktu torak bergerak ke bawa, campuran bahan bakar mengalir kedalam silinder melalui lubang katup masuk, campuran bahan bakar

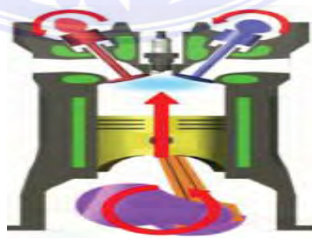
udara datang dari karburator. Prinsip kerja langkah hisap ini dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. prinsip kerja langkah hisap motor empat langkah

Langkah Kompresi

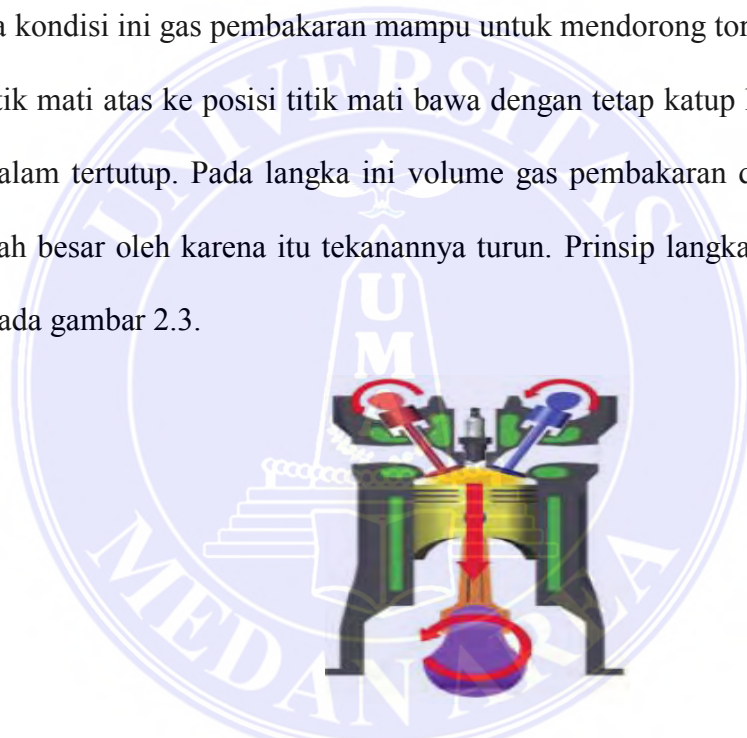
Setelah mencapai titik mati bawah, torak bergerak kembali menuju titik mati atas, sembari saat itu saat itu katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup. dengan demikian campuran bahan bakar dan udara yang berada didalam silinder tadi ditekan dan dimampatkan oleh torak yang bergerak ketitik mati atas. Akibatnya, tekanan dan suhu dalam silinder naik sehingga sangat muda bagi bahan bakar terbakar. Prinsip kerja langkah kompresi ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



gambar 2.2 prinsip langkah kompresi motor empat langkah

Langka Kerja

Pada saat torak hampir mencapai titik mati atas, campuran bahan bakar dan udara dinyalakan, maka terjadilah ledakan atau proses pembakaran yang mengakibatkan suhu dan tekanan naik dengan cepat. Di lain pihak torak tetap meneruskan perjalanannya menuju titik mati atas, ini berarti ruang bakar atau silinder semakin menyempit sehingga suhu dan tekan gas didalam silinder semakin bertambah tinggi lagi. Akhirnya torok mencapai posisi titik mati atas, dan pada kondisi ini gas pembakaran mampu untuk mendorong torak kembali dari posisi titik mati atas ke posisi titik mati bawah dengan tetap katup hisap dan katup buang dalam tertutup. Pada langka ini volume gas pembakaran didalam silinder bertambah besar oleh karena itu tekanannya turun. Prinsip langka kerja ini dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. prinsip langkah kerja motor empat langkah

Langka Buang

Kemudian pada saat torak mencapai posisi titik mati bawah, katup buang terbuka dan katup hisap tetap tertutup. Torak tetap kembali ke titik mati atas dan mendesak gas pembakaran keluar silinder melalui saluran katup buang. Prinsip langkah buang ini dapat dilihat pada gambar 2.4.

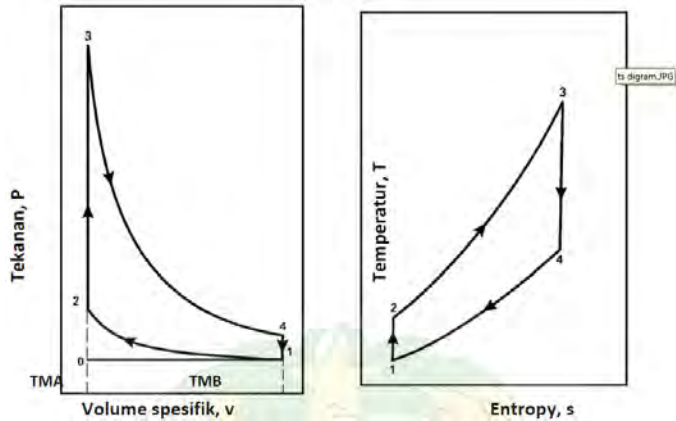


Gambar 2.4 Prinsip Kerja langkah buang Motor Empat Langkah

2.1.3. Siklus Ideal Otto (Siklus Volume Konstan)

Agar dapat lebih mudah memahami diagram $p - v$ motor bakar torak, maka dilakukan idealisasi. Proses yang sebenarnya berbeda dengan proses ideal. beberapa idealisasi pada siklus ideal antara lain :

- a. Fluida kerja dalam silinder adalah udara, dianggap gas ideal dengan konstanta kalor yang konstan
- b. Proses kompresi dan ekspansi berlangsung secara isetropik
- c. Proses pembakaran dianggap sebagai proses pemanasan fluida kerja.
- d. Pada proses ekspansi, yaitu pada saat torak mencapai titik mati bawah, fluida kerja didinginkan sehingga tekanan dan temperatur turun mencapai tekanan dan atmosfer.
- e. Tekanan bekerja didalam silinder selama langka buang dan langka hisap adalah konstan dan sama dengan tekanan atmosfer. diagram $p - v$ dan $t - s$ siklus otto ini dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 diagram p – v dan t – s siklus otto

Proses siklusnya sebagai berikut :

- a proses 0 – 1 (langka hisap) : menghisap udara pada tekanan konstan, katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. campuran bahan bakar udarah mengalir ke dalam silinder melalui katup masuk

$$P_0 = P_1 \dots\dots\dots (1)$$

- b proses 1 – 2 (kompresi isentropik) : semua katup tertutup. Campuran bahan bakar dan udara yang berada didalam silinder tadi di tekan da dimampatkan oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA) akibatnya, tekanan dan suhu dalam silinder naik menjadi P_2 dan T_2

$$P_1 V_1 = m_m R T_1 \dots\dots\dots (2)$$

$$V_1 = V_d + V_c$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^K \Rightarrow P_2 = P_1 (r_c)^K$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{K-1} \Rightarrow T_2 = T_1 (r_c)^{K-1}$$

$$W_{1-2} = \frac{m_m R (T_2 - T_1)}{(1-K)}$$

$$r_c = (V_d + V_c) / V_c \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

P_1 = tekanan pada titik 1 (kpa)

P_2 = tekanan pada titik 2 (kpa)

T_1 = temperatur spesifik pada titik 1 (k)

T_2 = temperatur spesifik pada titik 2 (k)

V_1 = volume pada titik 1 (m^3)

V_2 = volume pada titik 2 (m^3)

W_{1-2} = kerja pada siklus 1-2 (kj)

m_m = massa campuran gas di dalam silinder (kg)

r_c = rasio kompresi

k = c_p / c_v = rasio kalor spesifik

C. Proses 2 – 3 : Proses Penambahan Kalor Pada Volume Konstan

$$Q_{2-3} = Q_{in} = m_f Q_{HV} n_c = m_m c_v (T_3 - T_2) \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2}$$

$$V_2 = V_3$$

$$T_3 = T_{maks} \text{ dan } P_3 = P_{maks}$$

Dimana :

C_v = panas jenis gas pada volume konstan (kj/kg k)

P_3 = tekanan pada titik 3 (kpa)

Q_{HV} = heating value (kj/kg)

Q_{in} = kalor yang masuk (kj)

T_3 = temperatur pada titik 3 (k)

η_c = Efisiensi pembakaran

D. Proses 3 – 4 : Ekspansi Isentropik

$$\frac{P_4}{P_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^k = \left(\frac{1}{r_c}\right)^k \dots\dots\dots (5)$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} = \left(\frac{1}{r_c}\right)^{k-1}$$

Kerja ekspansi dari titik 3 ke titik 4 dari siklus otto juga merupakan proses isotropis, persamaannya ditunjuk kan sebagai berikut :

$$W_{3-4} = \frac{mR(T_4 - T_3)}{(1-K)}$$

Dimana :

P_4 = tekana pada titik 4 (kpa)

T_3 = temperatur pada titik 3 (k)

T_4 = temperatur pada titik 4 (k)

W_{3-4} = kerja (kj)

V_3 = volume pada titik 3 (m^3)

V_4 = volume pada titik 4 (m^3)

e. proses 4 - 1 proses pembuangan kalor pada volume konstan

$$Q_{4-1} = Q_{out} = m_m c_v (T_1 - T_4) \dots\dots\dots (6)$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{k-1} = r^{k-1}$$

$$W_{nett} = W_{1-2} + W_{3-4}$$

$$V_4 = V_1$$

$$\eta_{th} = \frac{W_{nett}}{Q_{in}}$$

Dimana :

Q_{ou} = kalor yang di buang (kj)

T_4 = temperatur pada titik 4 (k)

η = kerja netto (kj)

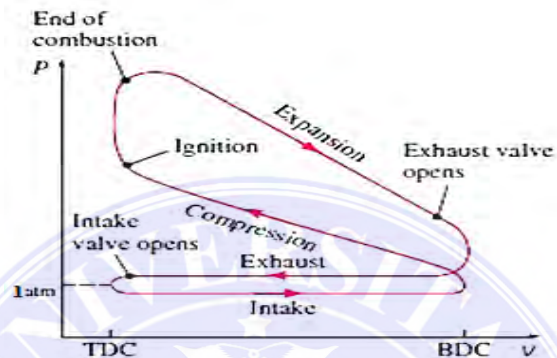
η_c = efisiensi termal

2.1.4. Siklus Otto (Otto Cycle)

Ali Hasimi Pane I. Siklus Otto (Otto Cycle) Gambar 1. P – v Diagram
Siklus Otto Keterangan gambar: 1 – 2 : Proses kompresi isentropik 2 – 3 : Proses panas masuk pada volume konstan 3 – 4 : Proses ekspansi isentropic 4 – 1 : Proses pembuangan panas pada volume konstan Konstanta – konstanta yang berlaku: k : Konstanta rasio panas spesifik : $\gamma = 1,4$ cp : Konstanta panas spesifik pada tekanan konstan : 1,005 kJ/kg. K cv : Konstanta panas spesifik pada volume konstan : 0,718 kJ/kg. K R : Konstanta udara : 0,287 kPa. M³/kg. K : 0,287 kJ/kg. K r : Rasio kompresi : $v_1 = 34 v_2$ Dalam analisa siklus ini akan diperoleh besaran – besaran: - Panas yang masuk/ditambah kedalam siklus (Q_{in}) - Panas yang dibuang dari siklus (Q_{out}) - Kerja yang dihasilkan (W_{siklus}) - Efisiensi thermal siklus (η) - Mean effective pressure (MEP) Dalam penyelesaian persoalan akan dilakukan dengan menggunakan beberapa data – data asumsi atau konstanta yang telah ditetapkan. Beberapa hal pengasumsian: 1. Udara dalam silinder piston bekerja dalam siklus tertutup. 2. Proses kompresi dan ekspansi adalah berlangsung secara adiabatik. 3. Semua proses adalah berlangsung secara reversible. 4. Pengaruh dari energi kinetic dan energi potensial adalah diabaikan. Analisa Termodinamika - Panas yang Masuk ke Sistem (q_{in}) $q_{in} = c_v (T_3 - T_2) \dots(1a)$ -

Panas yang di-Buang dari Sistem (q_{out}) $q_{out} = c_v (T_4 - T_1) \dots(1b)$ - Kerja Netto yang Dihasilkan (w_{net}) $w_{net} = q_{in} - q_{out} \dots(1c)$ - Efisiensi

2.1.5. diagram Siklus Aktual ini dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Diagram Siklus Aktual

Sumber: Cengel dan Boles (2006)

Gambar 2.6 adalah gambar siklus aktual dari mesin otto. Fluida kerjanya adalah campuran bahan bakar – udara, jadi ada proses pembakaran sumber panas. Pada langkah, Hisap tekanan lebih rendah dibandingkan dengan langkah buang. Proses pembakaran di mulai dari penyalaan busi (ignition) sampai akhir pembakaran. Proses kompresi dan ekspansi tidak adiabatik, karena terdapat kerugian panas yang keluar ruang bakar.

2.1.6. Tekanan Efektif Rata – Rata (MEP)

Selama siklus berlangsung, temperatur dan tekanan selalu berubah – ubah. Oleh karena sebaiknya dicari harga tekanan tertentu (konstan) yang apabila mendorong torok sepanjang langkahnya dapat menghasilkan kerja persiklus yang

sama dengan siklus yang dianalisa. Tekanan tersebut dinamai “tekanan efektif rata – rata”, mep , yang diformulasikan sebagai :

$$mep = \frac{W_{nett}}{V_d}$$

Dimana :

mep = tekanan efektif rata –rata (kpa)

V_d = volume langka torak (m^3)

2.1.7. Daya Indikator (\dot{w}_i)

Merupakan daya yang dihasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat

Pembakaran didalam silinder.

$$\dot{w}_i = W_{nett} \cdot N/n \dots\dots\dots (7)$$

dimana :

\dot{w}_i = daya indikasi (kw)

N = putaran mesin (putaran/detik)

n = jumblah putaran dalam satu siklus, untuk empat tak $n = 2$ (putaran/siklus)

2.1.8. Daya Poros

Daya yang dihasilkan suatu mesin poros keluarannya disebut sebagai daya poros (atau biasa dikenal dengan brake horse power yang dihitung berdasarkan rumusan:

$$\dot{w}_b = 2\pi \times N \times \tau \dots\dots\dots (8)$$

dimana :

\dot{w}_b = daya poros (kw)

N = putaran mesin (putaran/perdetik)

τ = torsi (Nm)

Seperti yang telah diketahui, dari sejumlah gaya yang dihasilkan mesin, maka sebagian darinya dipakai untuk mengatasi gesekan/friksi antar bagian-bagian mesin yang bergerak, sebagian lagi dipakai menngisap udara dan bahan bakar serta mengeluarkannya dalam bentuk gas buang

$$s_{fc} = m_f : w_b \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

s_{fc} = konsumsi bahan bakar spesifik (gr/kwh)

m_f = laju aliran rata-rata bahanbakars pesifik (kg/detik)

m_f = masa bahan bakar (kg)

m_a = masa udara (kg)

2.1.9. Konsumsi Bahan Bakar

konsumsumsi bahan bakar didefenisikan sebagai jumlah bahan bakar persatuan unit dan daya yang dihasilkan perjam operasi. Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar sfesifik merupakan indikasi efisiensi mesin dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar.

$$S_{fc} = \frac{\dot{m}_f}{w_b} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

$$\dot{m}_f = \frac{\dot{m}_f \times \text{jumlah silinder}}{n}$$

Dimana :

S_{fc} = konsumsi bahan bakar (kg/kwh)

\dot{m}_f = laju aliran rata-rata bahan bakar (kg/detik)

m_a = masa udara

2.1.10. Efisiensi Termal

Efisiensi termal suatu mesin didefinisikan sebagai perbandingan antara energi keluaran dengan energi kimia yang masuk yang dikandung bahan bakar dalam bentuk bahan bakar yang dihisap kedalam ruang bakar .

$$\eta_{th} = 1 - (T_1/T_2) \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

η_{th} = efisiensi termal

P_a = masa jenis udara (kg/m^3)

V_d = volume langkah torak (m^3)

n = jumlah putaran dalam satu siklus, untuk empat tak $n = 2$ (putaran/siklus)

2.1.11. Volume Silinder

Volume silinder adalah besarnya volume langkah (*piston displacement*) ditambah volume ruang bakar. Volume langkah dihitung dari volume diatas piston saat posisi piston di TMB sampai garis TMA. Sedangkan volume ruang bakar dihitung volume diatas piston saat posisi piston berada di TMA, juga disebut volume sisa. Besarnya volume langkah atau isi langkah piston adalah luas lingkaran dikalikan panjang piston, dengan persamaan :

$$V_L = A \cdot L ; \text{dimana } A = \pi/4 \cdot D^2$$

$$V_L = \pi/4 \cdot D^2 \cdot L$$

Volume/isi silinder adalah sebesar, dinyatakan :

$$V_t = V_L + V_s \dots\dots\dots (12)$$

Dimana, $V_L = \text{Volume Langkah (cm}^3\text{) atau (cc)}$

$A = \text{Luas penampang silinder (cm)}$

$D = \text{Diameter silinder (cm)}$

$L = \text{Panjang langkah piston (cm)}$

$V_t = \text{Volume total atau isi silinder (cc)}$

$V_s = \text{Volume sisa atau volume ruang bakar (cc)}$

Langkah Kerja Piston Didalam Silinder dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Langkah Kerja Piston Didalam Silinder

Untuk menentukan perbandingan kompresi (r) motor dapat dicari dengan persamaan :

$$r = (V_L + V_s) : V_s \dots\dots\dots (13)$$

Untuk menghitung gaya (F dalam Newton) yang bekerja pada piston, dapat menggunakan persamaan momenatau torsi (τ dalam Newton meter) dari spesifikasi mesin yaitu ;

$$\tau = F \times L \dots\dots\dots (14)$$

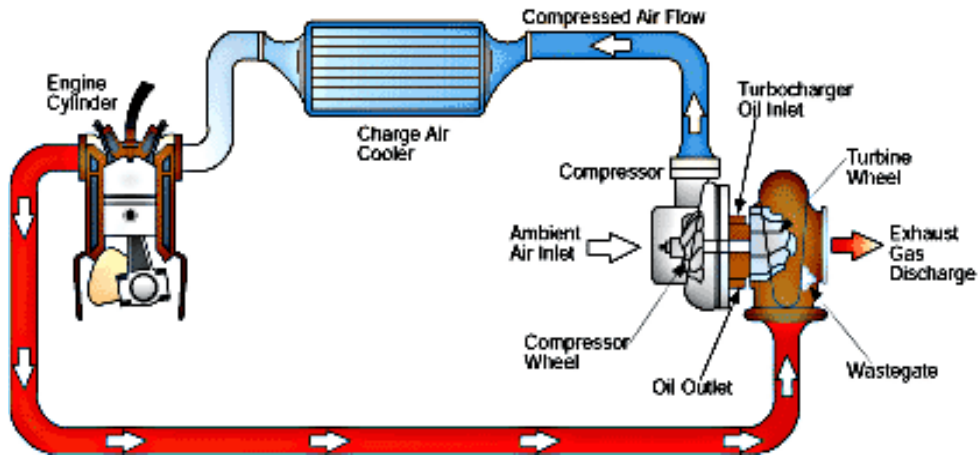
Dan untuk mengetahui tekanan (P dalam Pascal) yang bekerja pada piston dapat menggunakan persamaan :

$$P = F/A \dots\dots\dots (15)$$

Untuk mengetahui muatan volume silinder, pada motor ukuran standar besarnya diameter silinder samadengan diameter piston atau (\emptyset piston = \emptyset silinder) dikalikan langkah piston. Sedangkan untuk pada motordengan permukaan piston dengan kontur radius gelombang sinus dapat diasumsikan ; ukuran diameter silinderlebih kecil dari pada ukuran diamter piston atau diameter piston lebih besar dari pada diameter silinder (\emptyset piston > \emptyset silinder) dikalikan langkah piston. hal ini akan mempengaruhi kemampuan dayapengisapan campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang silinder dapat lebih besar daripada ukuran standar silinder motor bakar. Berikutnya dapat mempengaruhi terhadap perbandingan kompresi dan tenaga yangdihasilkan kerja motor. Dengan mengetahui parameter tersebut dapat dimungkinkan hasil akhirnya dapatmeningkatkan daya/tenaga motor lebih besar bila dibandingkan dengan motor yang mempunyai ukuran silinderpiston standar.

2.2. Prinsip Kerja Turbocharger

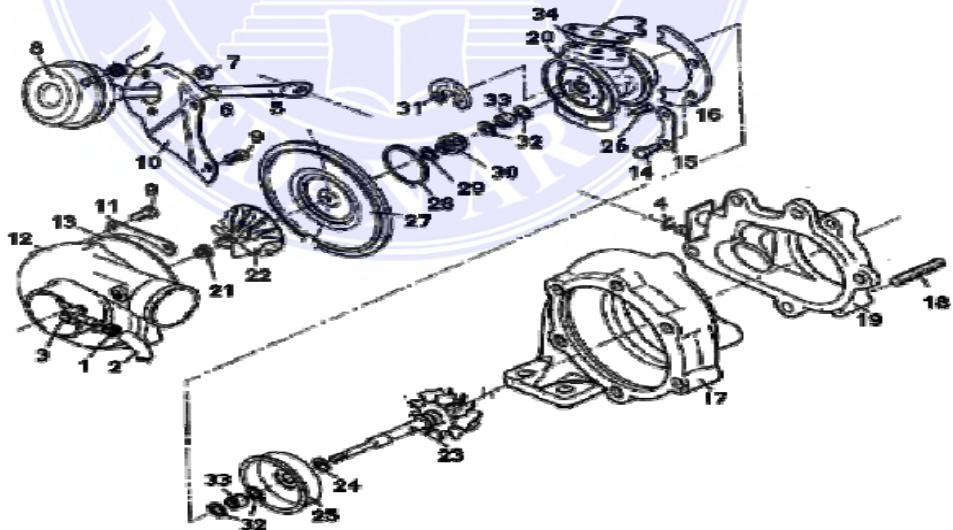
Pada prinsipnya kerja dari turbocharger adalah merubah energi panas/kalor dari gas buang hasil sisa pembakaran menjadi energi mekanis untuk menaikkan tekanan udara yang masuk ke intake manifold (saluran masuk udara) dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Skema Instalasi Sederhana *Turbocharger Dengan Intercooler*.

2.2.1. Bagian-Bagian Utama Turbocharger

Bagian utama *turbocharger* terdiri dari sebuah turbin gas dan sebuah kompresor. Gambar 2.9. ini merupakan gambar dari assembling *Turbocharger* yang telah dilepas bagian-bagiannya .



Gambar 2.9. Bagian-Bagian Assembling *Turbocharger*

Keterangan gambar

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. Clamp | 18. Exhaust Stud |
| 2. Hose (waste gate pressure bleed) | 19. Waste gate housing |
| 3. Fitting | 20. Bearing housing |
| 4. Clip (waste gate lever) | 21. Nut (turbine shaft) |
| 5. Rod (waste gate) | 22. Compressor |
| 6. Adjusting nut | 23. Turbine Shaft |
| 7. Nut | 24. Piston ring seal |
| 8. Control Diaphragm (waste gate) | 25. Heat shield |
| 9. Bolt | 26. Bolt |
| 10. Bracket (waste gate control diaphragm) | 27. Compressor housing back |
| 11. Locking plate (compressor housing) | 28. O-ring |
| 12. Compressor housing | 29. Piston ring seal |
| 13. O-ring | 30. Thrust collar |
| 14. Bolt | 31. Thrust bearing |
| 15. Locking Plate (turbine housing) | 32. Snap ring |
| 16. Clamp Plate (turbine housing) | 33. Journal bearing |
| 17. Turbine housing | 34. Oil drain gasket |

2.2.2. Turbocharger

Adalah alat untuk menghemat bahan bakar dan meningkatkan performa mesin dengan cara menambah pasokan udara ke dalam ruang pembakaran tanpa mengubah setingan dari ECU. Dapat dilihat pada gambar 2.10.



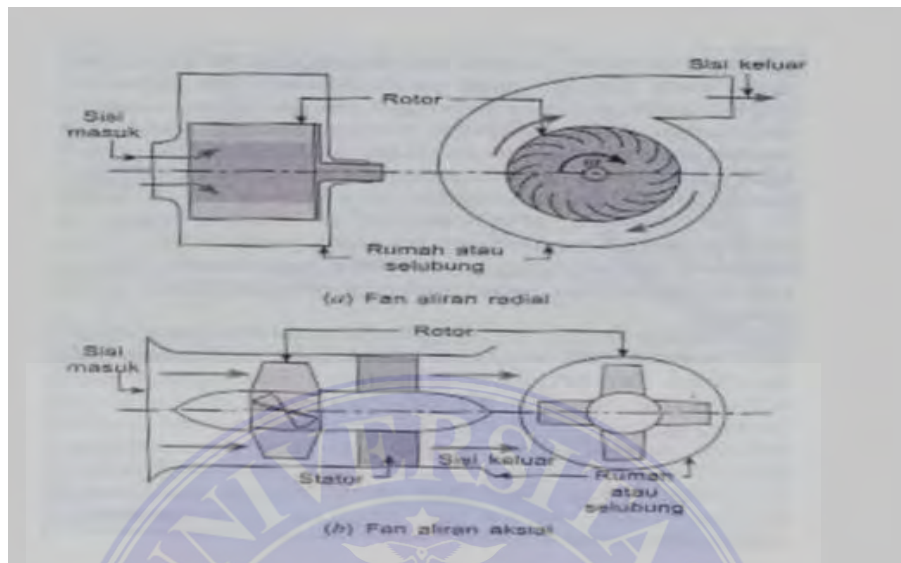
Gambar 2.10. Turbocharger Ecoboost Ford Fiesta

Turbin *Turbocharger ecoboost ford* berfungsi merubah laju aliran udara yang semula lurus menjadi pusaran/berputar setelah melewati turbin Instalasi Pemasangan *Turbocharger Ecoboost Ford Fiesta* dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Instalasi Pemasangan Turbocharger Ecoboost Ford Fiesta

Jenis-Jenis Aliran Pada Mesin Turbo (A) Aliran Radial (B) Aliran Aksial. Ini dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Jenis-Jenis Aliran Pada Mesin Turbo (A) Aliran Radial (B) Aliran Aksial.

Pemahaman tentang perpindahan kerja dalam mesin-mesin turbo dapat diperoleh dengan mempelajari operasi dasar suatu kipas angin (pompa) dan kincir angin (turbin). Walaupun aliran dalam peralatan ini sebenarnya sangat kompleks (yakni, dalam aliran tiga dimensi), fenomena yang penting dapat diilustrasikan dengan menggunakan tinjauan aliran yang disederhanakan dan segitiga kecepatannya. Menurut munson, dkk (2005) perhatikan sebuah sudu *fan* yang digerakkan oleh sebuah motor pada kecepatan sudu konstan, ω seperti yang ditunjukkan pada gambar 8a. Diketahui bahwa kecepatan keliling sumbu $U = \omega r$, dimana r adalah jarak radial dari sumbu *fan*. Kecepatan absolut fluida (kecepatan fluida akibat putaran sudu *fan* yang terlihat oleh seseorang yang duduk tidak bergerak pada sebuah meja dimana *fan* tersebut diletakkan) dinyatakan dengan V , dan kecepatan relatif (kecepatan fluida yang terlihat oleh seseorang yang berada

pada sudu *fan*) dinyatakan dengan **W**. kecepatan fluida sebenarnya (absolut) adalah penjumlahan vektor dari kecepatan relatif dan kecepatan keliling sudu.

$$V = W + U \dots\dots\dots (16)$$

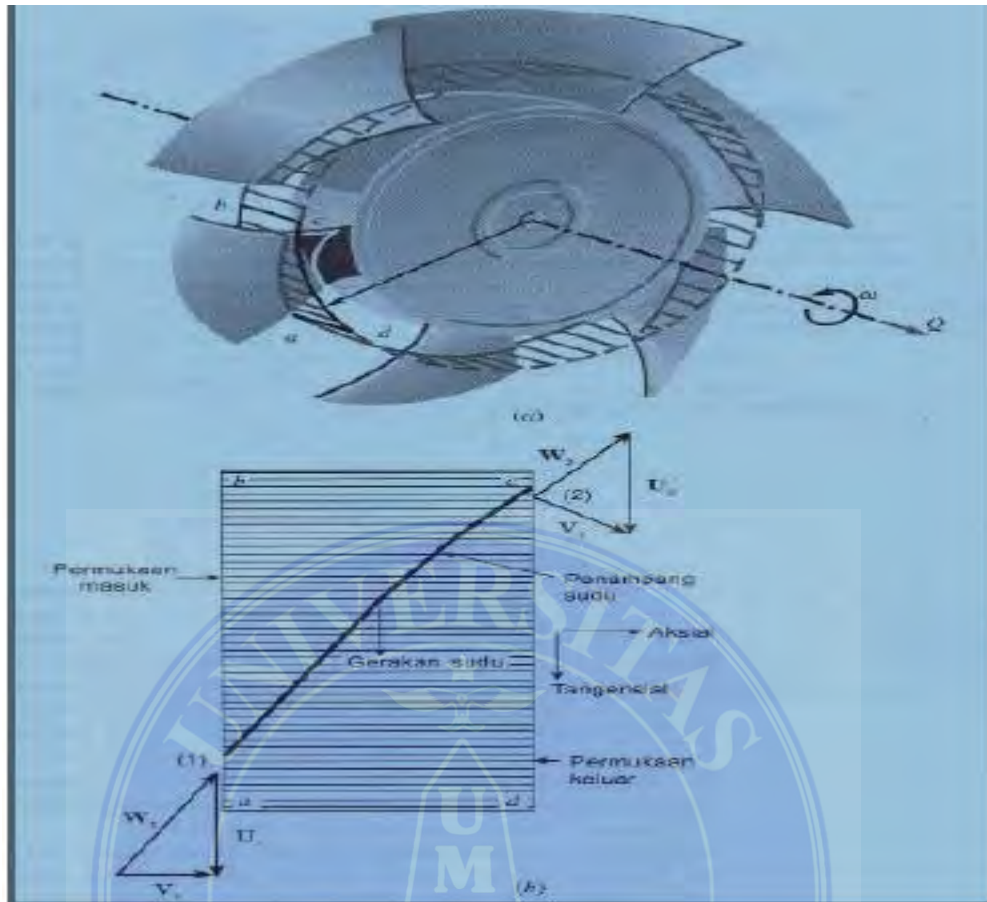
Dimana :

V = Kecepatan absolut fluida

W = Kecepatan relatif fluida

U = Kecepatan keliling sumbu

Sketsa sederhana dari kecepatan fluida saat “masuk” dan “keluar” dari *fan* pada jari-jari *r* terlihat pada gambar 2,8b. Permukaan yang diarsir dengan tanda a-b-c-d adalah bagian permukaan silinder (termasuk “potongan” pada sudu) yang ditunjukkan pada gambar 2.13. Untuk penyederhanaan diasumsikan bahwa aliran bergerak tenang sepanjang sudu sehingga relatif pada sudu yang bergerak kecepatannya sejajar terhadap sisi depan dan belakang sudu (titik 1 dan 2). Sekarang dapat dianggap bahwa fluida yang masuk dan keluar *fan* mempunyai jarak yang sama dari sumbu putarannya, sehingga $U_1 = U_2 = \omega r$. Pada mesin-mesin turbo yang sebenarnya, aliran yang masuk dan keluar tidak harus selalu sama dengan sudut sudu, dan garis lintasan (*pathline*) fluida dapat berubah sesuai dengan jari-jarinya. Pertimbangan ini penting untuk desain dan kondisi operasi di luar desain. Idealisasi Aliran Melalui *Fan* : (A) Geometri Sudu *Fan*; (B) Kecepatan Absolut, V; Kecepatan Relatif, W; Dan Kecepatan Sudu, U Pada Saluran Masuk Dan Keluar Sudu *Fan*. Ini dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Idealisasi Aliran Melalui *Fan* : (A) Geometri Sudu *Fan*; (B) Kecepatan Absolut, V ; Kecepatan Relatif, W ; Dan Kecepatan Sudu, U Pada Saluran Masuk Dan Keluar Sudu *Fan*.

Menurut informasi ini dapat dibuat segitiga kecepatan yang terlihat pada gambar. Perhatikan bahwa pandangan tersebut dilihat dari atas *fan*, ke arah radial menuju sumbu putaran. Gerakan dari sudu mengarah ke bawah, gerakan udara yang masuk dianggap searah dengan sumbu putaran. Konsep yang penting untuk dipahami dari gambar sketsa tersebut adalah bahwa sudu *fan* (akibat dari bentuk dan gerakannya) “mendorong” fluida dan menyebabkan fluida berubah arah. Vektor kecepatan absolut V , berbelok selama aliran melewati sudu dari bagian 1 ke bagian 2. Pada awalnya fluida tidak mempunyai komponen kecepatan absolut yang searah dengan gerakan sudu, arah θ (tangensial). Pada saat fluida

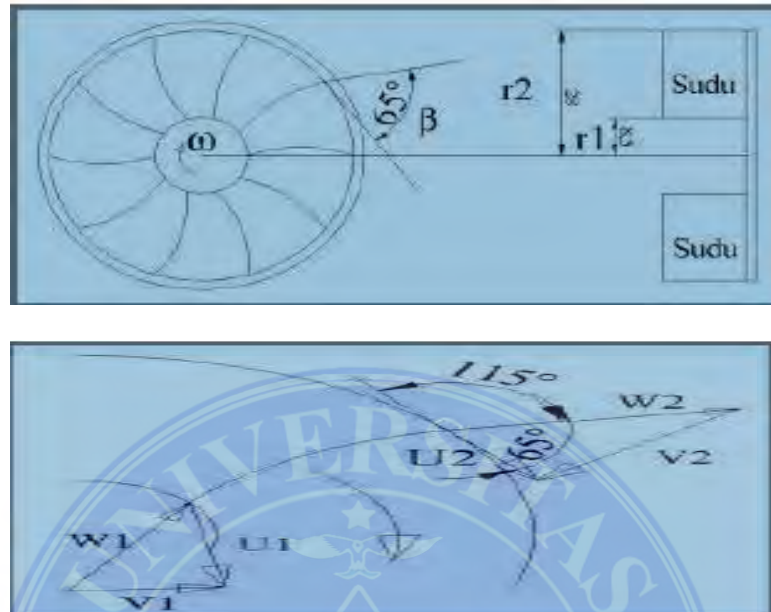
meninggalkan sudu, komponen tangensial dari kecepatan absolut ini tidak nol. Agar hal ini terjadi, sudu harus mendorong fluida pada arah tangensial. Oleh karena itu, sudu komponen gaya tangensial pada fluida searah gerakan sudu. Komponen gaya tangensial dan gerakan sudu ini mempunyai arah yang sama. Munson, dkk (2005:373) menyatakan bahwa rotor berputar pada kecepatan sudut ω . Fluida pada awal masuk rotor arahnya aksial, aliran melintasi sudu menjadi berputar/radial. Kecepatan pada sisi masuk V_1 dan kecepatan pada sisi keluar V_2 . Sudut sudu searah dengan kecepatan relatif yang masuk dan aliran relatif yang meninggalkan rotor searah dengan sudut sudu. Dapat dihitung kecepatan sudu pada sisi masuk dan keluar sebagai berikut:

$$U_1 = \omega r_1 = \text{m/s} \dots\dots\dots (17)$$

$$U_2 = \omega r_2 = \text{m/s} \dots\dots\dots (18)$$

Jika diketahui kecepatan absolut fluida dan kecepatan sudu pada sisi masuk, dapat digambar segitiga kecepatan. Dapat diasumsikan bahwa aliran absolut pada sisi masuk barisan sudu radial (yakni, dari arah V_1 adalah radial). Pada sisi keluar diketahui kecepatan keliling sudu, U_2 , kecepatan keluar, V_2 , dan arah kecepatan relatif, β_2 , (akibat geometri sudu). Oleh karena itu dapat digambarkan secara grafik segitiga kecepatan keluar seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10 Dengan membandingkan segitiga kecepatan pada sisi masuk dan keluar, akan dapat dilihat bahwa seiring dengan melintasnya aliran fluida melalui barisan sudu. Vektor kecepatan absolut berubah arahnya sesuai/searah dengan gerakan sudu. Pada sisi masuk tidak ada komponen kecepatan absolut yang searah dengan putaran, pada sisi keluar komponen ini tidak nol. Artinya,

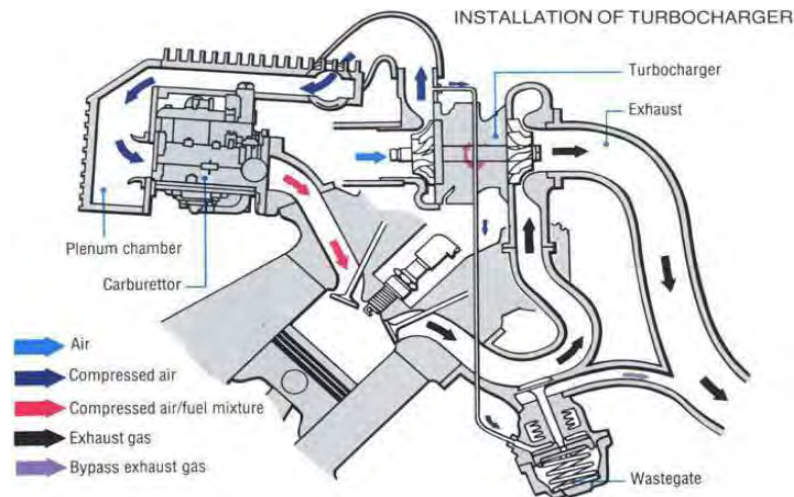
sudumendorong fluida pada arah gerakan sudu, oleh karena itu kerja terjadi pada fluida. Ini dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Perhitungan Sudut Dan Segitiga Kecepatan

2.2.3.Kompresor

Kompresor adalah alat yang digunakan untuk memperbesar aliran udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran, dengan cara menyedot udara dari luar dan mengalirkannya ke dalam ruang pembakaran sehingga massa udara meningkat. Dengan tekanan udara semakin besar otomatis tenaga mobil akan naik dan lebih responsif. Skema Prinsip Kerja *Kompresor* ini dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15. Skema Prinsip Kerja Kompresor Ialah Untuk Mengisap Udara/Gas

Kompresor dapat diklasifikasikan atas dua tipe, yaitu *positive displacement* dan *dynamic*. Dimana pada tipe *positive displacement* terbagi atas 2 (dua) kelompok, yaitu kelompok *rotary* dan *reciprocating*. Sedangkan tipe *dynamic* dibagi atas 2 (dua) kelompok, yaitu *sentrifugal* dan *axisal*. Kompresor *Positive Displacement*

Disebut juga dengan pompa positif, dimana energi mekanis dari putaran poros pompa dirubah menjadi energi tekanan untuk memompakan udara. Pada jenis ini kecepatan yang dihasilkan tinggi tetapi kapasitas yang dihasilkan rendah. Kompresor jenis ini terbagi atas 2 (dua) jenis, yaitu :

1. Kompresor Reciprocating

Kompresor *reciprocating* (piston) adalah kompresor yang menghasilkan udara bertekanan akibat adanya gerak naik turun piston dalam silinder. Jenis ini tersedia berbagai konfigurasi diantaranya horizontal, vertikal, *balance opposed*, dan *tandem*.

2. Kompresor Rotary

Kompresor rotary adalah kompresor yang menghasilkan udara bertekanan tinggi dengan volume yang lebih besar yang umumnya digunakan untuk mengganti kompresor piston. Pada tipe ini terdiri atas:

- Satu Rotor, yang termasuk kompresor rotary ini adalah vane, liquid ring dan screw.
- Dua Rotor, yang termasuk kompresor rotary ini adalah roots blower dan screw.

Kompresor jenis ini beroperasi pada kecepatan tinggi dan umumnya menghasilkan hasil keluaran yang lebih tinggi dibandingkan reciprocating. Biaya investasinya rendah, bentuknya kompak, ringan dan mudah perawatannya, sehingga kompresor ini sangat populer di industri. Biasanya digunakan dengan ukuran 30 sampai 200 hp atau 22 sampai 150 kW. Kompresor Dinamis

Kompresor jenis ini adalah kompresor dinamis yang tergantung pada transfer energi dari impeler berputar ke udara, dimana rotor melakukan pekerjaan ini dengan mengubah momen dan tekanan udara. Sebagai contoh ketika sebuah benda diputar dalam gerak melingkar, benda tersebut akan cenderung terlempar keluar dari pusat lingkaran.

pada tipe ini Kompresor dinamis dibedakan atas 2 (dua) jenis, yaitu :

➤ Kompresor Sentrifugal

Didalam permesinan, yang mana juga disebut sebagai turbo-blowers atau turbo-compressors, satu atau lebih impeller dirotasikan pada kecepatan yang tinggi didalam sebuah rumah kompresor. Udara, yang terlempar masuk kedalam center dari impeller, akan ditingkatkan kecepatannya, lalu udara akan terlempar pada ujung luar (*outer edge*) karena adanya gaya sentrifugal yang terjadi pada

impeller. Udara yang meninggalkan impeller dengan peningkatan tekanan dan kecepatan yang tinggi udara akan memasuki diffuser, pada diffuser akan mengubah energi kinetik udara yang mengalir melewati impeller menjadi energi tekanan.

➤ Kompresor Aksial

Kompresor jenis ini adalah kompresor yang berputar dinamis menggunakan serangkaian kipas airfoil untuk semakin menekan aliran fluida. Dimana aliran udara yang masuk akan mengalir keluar dengan cepat tanpa perlu dilemparkan kesamping seperti yang dilakukan kompresor sentrifugal.

2.3. Persamaan Keadaan Gas Ideal

Jika uap dari suatu zat memiliki densitas yang relatif rendah, tekanan, volume spesifik dan temperaturnya saling berhubungan melalui persamaan tertentu. $Pv = RT$ dimana R adalah suatu konstanta untuk suatu gas tertentu dan disebut sebagai konstanta gas. Persamaan gas ideal merupakan suatu persamaan keadaan karena menghubungkan properti-properti P, v dan T pada suatu keadaan; gas yang memenuhi persamaan ini disebut sebagai gas ideal atau gas sempurna. Konstanta gas R berhubungan dengan konstanta gas universal R_u , yang memiliki nilai sama untuk semua gas, melalui hubungan

$$R = \frac{R_u}{M} \dots\dots\dots (19)$$

Di mana M adalah massa molar, yang nilai-nilainya ditabulasikan dalam tabel B-2 dan B-3. Mol adalah kuantitas dari suatu zat (atau jumlah atom atau

molekul) yang memiliki suatu massa dalam satuan gram, nilai numeriknya sama dengan berat atom atau molekul dari zat tersebut. Dalam SI akan lebih mudah untuk menggunakan kilomol (kmol), yang mewakili x kilogram dari suatu zat dengan berat molekul x . Sebagai contoh, 1 kmol karbon adalah massa sebesar 12 kg (tepat); 1 kmol molekul oksigen adalah (kira-kira) 32 kg. Jika dinyatakan secara berbeda, $M = 12 \text{ kg/kmol}$ untuk C dan $M = 32 \text{ kg/kmol}$ untuk O_2 . Dalam sistem Inggris digunakan pon-mol (lbmol); untuk O_2 , $M = 32 \text{ lbm/lbmol}$. Nilai dari R_u adalah $R_u = 8,314 \text{ kJ/(kmol K)} = 1545 \text{ ft-lbf/(lbmol-}^\circ\text{R)} = 1,986 \text{ Btu/(lbmol-}^\circ\text{R)}$. Untuk udara M adalah $28,97 \text{ kg/kmol}$ ($28,97 \text{ lbm/lbmol}$), jadi untuk udara R adalah $0,287 \text{ kJ/kg K}$ ($53,3 \text{ ft-lbf/lbm-}^\circ\text{R}$), suatu nilai yang sering digunakan dalam perhitungan-perhitungan yang melibatkan udara.

Bentuk-bentuk lain dari persamaan gas ideal adalah $PV = mRT$ $P = \rho RT$ $PV = NR_uT$ Di mana N adalah jumlah mol. Persamaan keadaan yang sederhana dan sangat berguna ini harus digunakan secara hati-hati. Densitas ρ yang rendah dapat terjadi melalui tekanan yang rendah atau temperatur yang tinggi. *Faktor kompresibilitas* Z dapat membantu kita untuk menentukan apakah persamaan ideal gas harus digunakan. Ini didefinisikan sebagai

$$Z = \frac{Pv}{RT} \dots\dots\dots (20)$$

Dan untuk hidrogen. Karena udara terutama terdiri dari nitrogen, gambar ini juga dapat digunakan untuk udara. Jika $Z = 1$, atau sangat dekat dengan 1, persamaan gas ideal dapat digunakan. Jika Z sangat berbeda dari 1, maka rumus di atas dapat digunakan. Faktor kompresibilitas dapat ditentukan untuk gas apapun dengan menggunakan grafik kompresibilitas umum. Dalam grafik umum tersebut tekanan

reduksi P_R dan temperatur reduksi T_R harus digunakan. Nilai-nilai tersebut diperoleh melalui

$$P_R = \frac{P}{P_{cr}} T_R = \frac{T}{T_{cr}} \quad v_R = \frac{v}{RT_{cr}/P_{cr}} \dots\dots\dots (21)$$

Di mana P_{cr} dan T_{cr} masing-masing adalah tekanan dan temperatur pada titik kritis

2.4. Bahan bakar gas

BBG adalah bahan bakar gas. Komposisi utamanya gas metana dan disertai gas lainnya yang prosentasinya berbeda antara satu ladang dengan lainnya. Pertamina telah menyelidiki berbagai komposisi bbg di Indonesia yang tertera pada tabel 2.16.

wilayah	JAWA	SUMSEL	SUMUT
komposisi	%	%	%
Nitrogen (n^2)	0,68	trace	0,023
Karbon dioksida (CO_2)	1,75	11,5	2,869
Metana (CH_4)	95,03	69,7	89,263
Etana (C_2H_6)	2,23	8,2	7,400
Iso-butana (C_4H_{10})	0,01	1,1	0,018
Normal-butana (C_4H_{10})	0,01	1,2	0,028
Iso-pentana (C_5H_{12})	trace	0,5	0,023
Hexana (C_6H_{14})	trace	0,3	0,015
Total		trace	0,013
Berat jenis spesifik (udara = 1)	0,5907	0,8332	0,6838

Nilai kalor (Btu/SFC)	1015,9934	1153	1047,05942
-----------------------	-----------	------	------------

gambar Tabel 2.16. Susunan dan sifat bbg di indonesia

Sanjaya (1995) memberikan spesifikasi tentang BBG yang sebagian besar terdiri atas gas metana (CH₄) : Berat jenis = 0,6036 x berat jenis udara
 Kalor pembakaran = 37,8 , 42 MJ/m³ Titik nyala 650 °C (bensin + 450 °C) Angka oktan + 120 RON

2.5. Persamaan Reaksi pertamax

Persamaan reaksi kesetimbangan untuk proses pembakaran sempurna dari pertamax adalah:



Masa oksigen di udara 23 % atau dalam volume 21 %

Masa oksigen : bahan bakar

$$\begin{aligned} 16O_2 &= 16 \times (16 \times 2) \\ &= 16 \times 32 \\ &= 512 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BB } (C_{10}H_{24}) &= (12 \times 10) + (1 \times 24) \\ &= 120 + 24 \\ &= 144 \text{ kg} \end{aligned}$$

Masa udara adalah :

$$= \frac{512}{0,23} = 2226 \text{ kg}$$

Faktor kelebihan udara 10 %

Maka : $2226 \times 1,1 = 2449 \text{ kg}$

perbandingan udara terhadap bahan bakar adalah :

2449 : 144

17 : 1

Maka campuran udara bahan bakar adalah : $17 + 1 = 18 \text{ kg}$



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu

3.1.1. Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan dan pengambilan data dilakukan di PT. Auto Kencana Andalas, Jl. Jend Gatot Subroto No. 107 Medan.

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian di mulai dari persetujuan judul skripsi yang diberikan oleh ketua program studi, pengambilan data, pengolahan data, hingga penyusunan skripsi dinyatakan selesai. Waktu penelitian dapat digambarkan pada tabel 3.1. di bawah ini :

No	Jenis Kegiatan	Bulan Ke											
		I				II				III			
1	Persiapan	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Studi Pustaka												
	Survey lapangan												
2	Penelitian												
	Eksperimen												
	pengumpulandata												

Charging system	3	PengolahanData															
		Penyusunan Laporan Turbocharger															
		Seminar Proposal															
		Revisi data															
		Penyusunan TA															
		Seminar Hasil															
		Revisi data															
		Sidang															

**Tabel
3.1.
Jadw
al
Pelak
sanaa
n
Peneli
tian**

3.2. Bahan Dan Peralatan

3.2.1. Objek Penelitian

Kendaraan yang dianalisa adalah Ford Fiesta Ecoboost

3.2.2. Data Spesifikasi

1. data spesifikasinya dapat dilihat pada gambar tabel 3.2.

Volume langka	998 cm ³	
Diameter (B) x langka (S)	71,9 mm × 81,9 mm	
Jumlah silinder	3 cylinder DOHC (in-line)	
Jumlah katup	12	
Rasio kopresi	10: 1	
Outout daya	74 kW (100 PS) /6000 rpm	92 kw (125ps) / 6000 rpm
torsi	170/1400 – 4000 rpm	170 Nm/1400-4500 rpm
Maksimum kecepatan yang diperbolehkan secara terus menerus	6450 rpm	
Maksimum kecepatan yang diperbolehkan secara berselang	6675 rpm	
Kecepatan diam	860 ± 100 rpm	
Konsumsi oli maksimal	0.51 / 1000 km	
Sistem bahan bakar	Direct fuel injection	
Jenis bahan bakar	Pertamax	

Gambar 3.2.
tabel
spesifikas
ford 3.2.

kendaraan
Ford Fiesta
Ecoboost ini
dapat dilihat
pada gambar
3.3.



Gambar 3.3.
kendaraan

Ford Fiesta Ecoboost

3.2.3. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat pendeteksi tekanan, temperatur yang dinamakan integrated diagnostic (IDS). Ini dapat dilihat pada gambar 3.4.



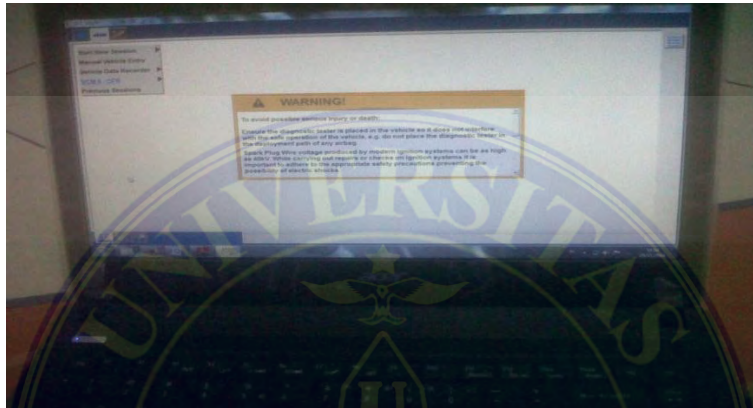
Gambar 3.4. Alat integrated diagnostic Pengecekan Baik Tidaknya Kondisi Mesin Dan Turbocharger

vehicle communication modul (VCM) ini dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. vehicle communication modul (VCM)

Alat pengecekan baik tidaknya kondisi mesin dan turbocharger dengan mengetahui komponen sistem yang bekerja pada mesin dengan cara melihat ada masalah jika lampu indikator mesin yang menyala pada saat mesin beroperasi. Ini dapat dilihat pada gambar 3.6.



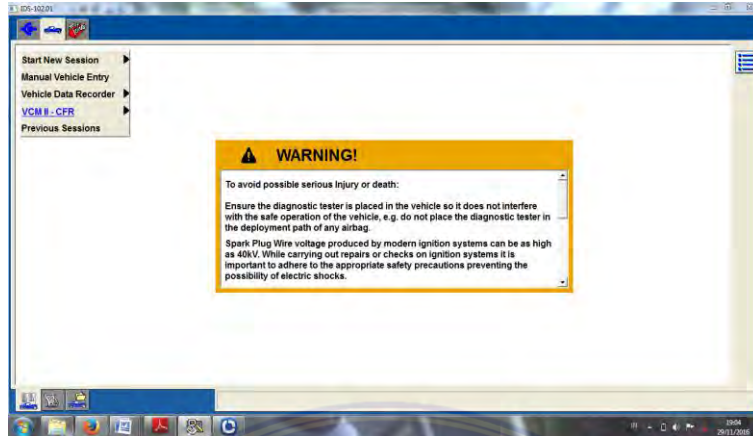
Gambar 3.6. Laptop sebagai monitor informasi Pengecekan Baik Tidaknya Kondisi Mesin Dan Turbocharger

Software Pengecekan mesin dan Turbocharger ini dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Software Pengecekan mesin dan Turbocharger

Display tools Pengecekan dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. Display tools Pengecekan

Compression Tester adalah alat untuk pemeriksaan tekana kompresi mesin dengan cara :

1. membuka busi yang terdapat pada semua silinder mesin
2. Matikan sistem kelistrikan pengapian dan pompa injeksi dengan melepas relay main atau relay fuel pump
3. Pasang compression tester pada lubang busi, compression tester ini berulir seperti busi pasang secukupnya tidak perlu terlalu kencang
4. Start mesin sampai kira-kira poros engkol atau mesin berputar beberapa kali kurang lebih cukup 5 detik atau sampai tekanan kompresi tertinggi tercapai yang ditunjukkan oleh gauge kemudian catat angka yang di tunjukkan

Bebaskan atau tekan katup pembebas tekan pada compression tester, kemudian lepas compression tester dari lubang busi untuk pindah atau periksa tekanan silinder yang lain.

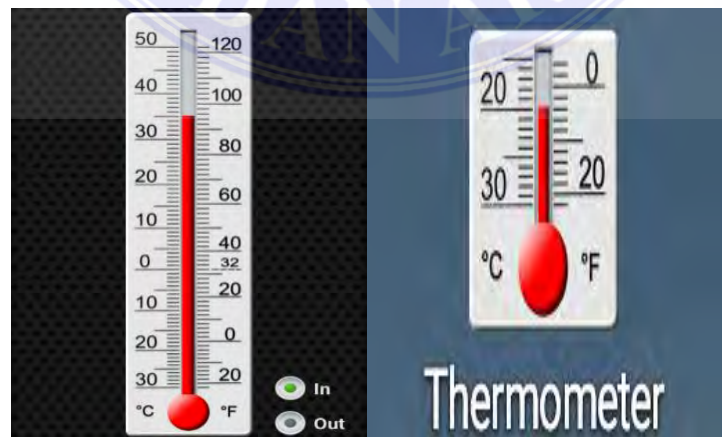
Compression Tester Untuk Mengukur Tekanan Kompresi Ini dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Compression Tester Untuk Mengukur Tekanan Kompresi

Cara mengukur suhu ruangan dengan hp android pakai aplikasi smart thermometer:

1. Langkah pertama silahkan download aplikasi smart thermometer melalui play store
2. Jalankan aplikasi smart thermometer di android
3. Secara otomatis smart thermometer akan mendeteksi suhu di sekitar posisi hp android berada
4. Agar lebih akurat dan tepat,biarkan ponsel android dan jangan digunakan untuk aktivitas lain sekitar 5 menit. Server Thermometer Untuk Mengukur Suhu Ruangan ini dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. Server Thermometer Untuk Mengukur Suhu Ruangan

Cara penggunaan Server konversi satuan adalah dengan cara mendownload aplikasi konversi satuan melalui play store setelah selesai memasukkan angka kemudian aplikasi tersebut akan secara otomatis di konversikan seperti yang terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11. Server konversi satuan

3.3. Prosedur Penelitian

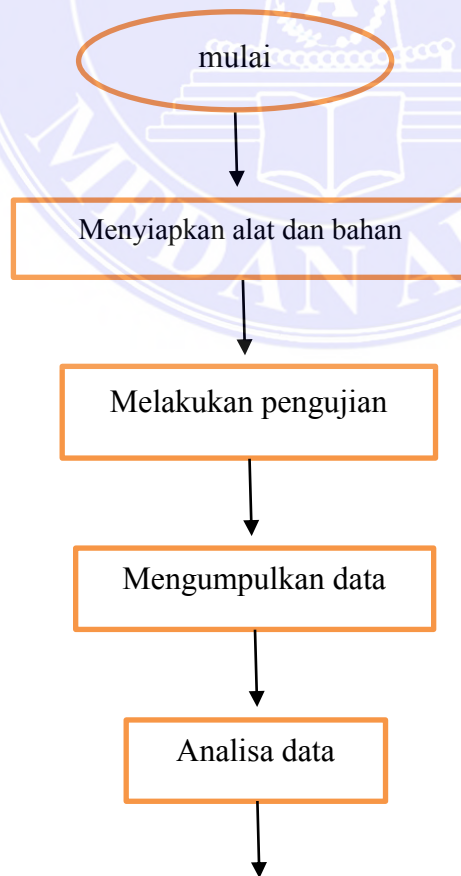
Penulisan Tugas sarjana ini dilaksanakan dengan terlebih dahulu penulis melakukan studi literatur untuk memperoleh data-data yang lengkap mengenai objek yang akan dianalisa. Dalam hal ini objek yang penulis analisa motor bakar bensin

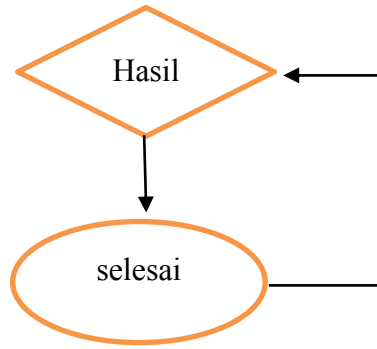
Setelah melakukan studi literatur, tahap selanjutnya adalah pelaksanaan tugas sarjana, yaitu dengan mengadakan konsultasi dengan dosen pembimbing, dan selanjutnya diteruskan dengan pengambilan data, analisa hasil dan penulisan laporan.

Tahap terakhir dari pelaksanaan tugas sarjana ini adalah pelaksanaan seminar proposal, seminar hasil, dan sidang. Pelaksanaan seminar diikuti oleh dosen pembimbing, dosen pembeding, dimana tujuan pelaksanaannya adalah untuk meminta masukan dan kritikan yang bersifat membangun untuk bahan perbaikan bagi penulis dalam penulisan sarjana ini.

3.4. Diagram Alir

Pelaksanaan Analisa Seperti Terlihat Pada gambar 3.12.





Gambar 3.10. diagram alir

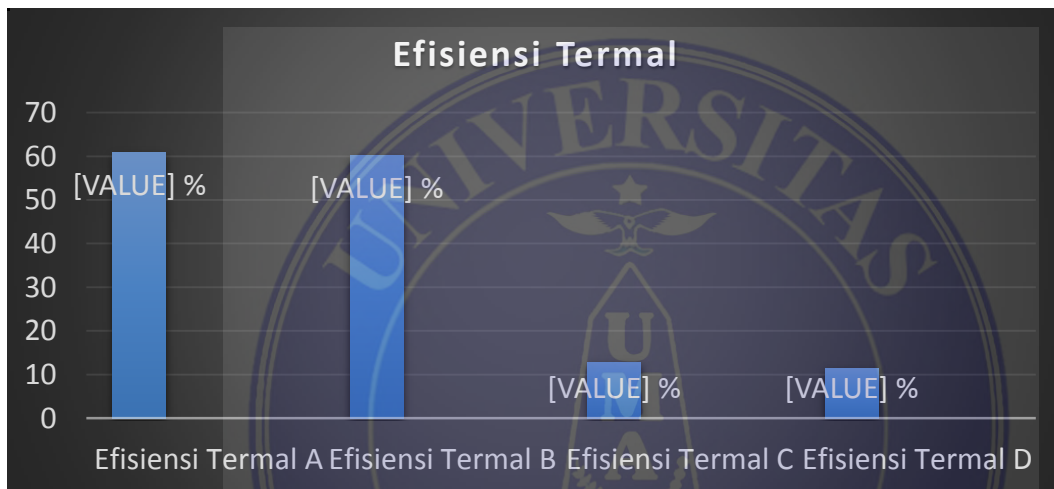


BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

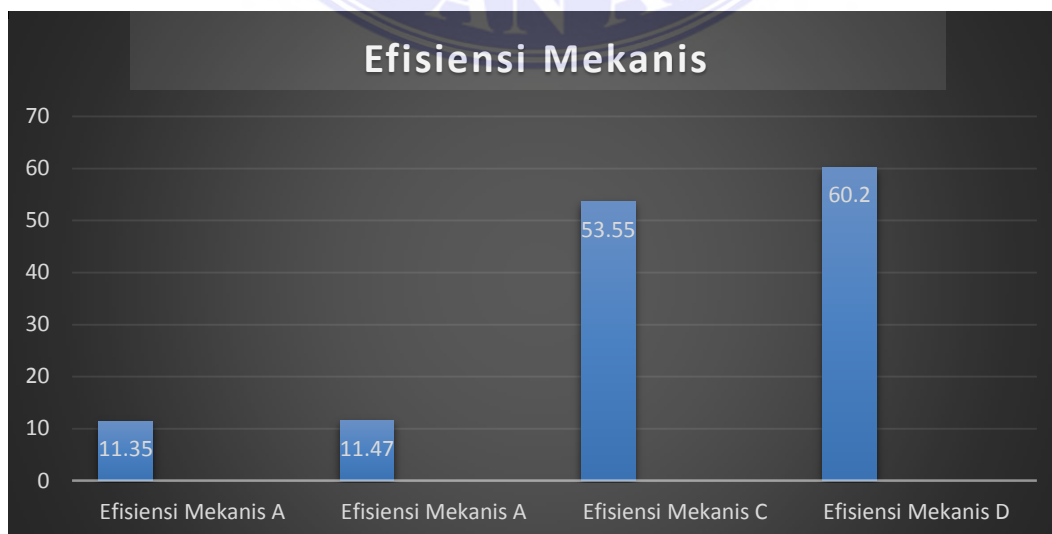
5.1. KESIMPULAN

1. Semakin besar jumlah W_{nett} maka semakin kecil jumlah efisiensi thermalnya Seperti yang terlihat pada gambar tabel 5.1.



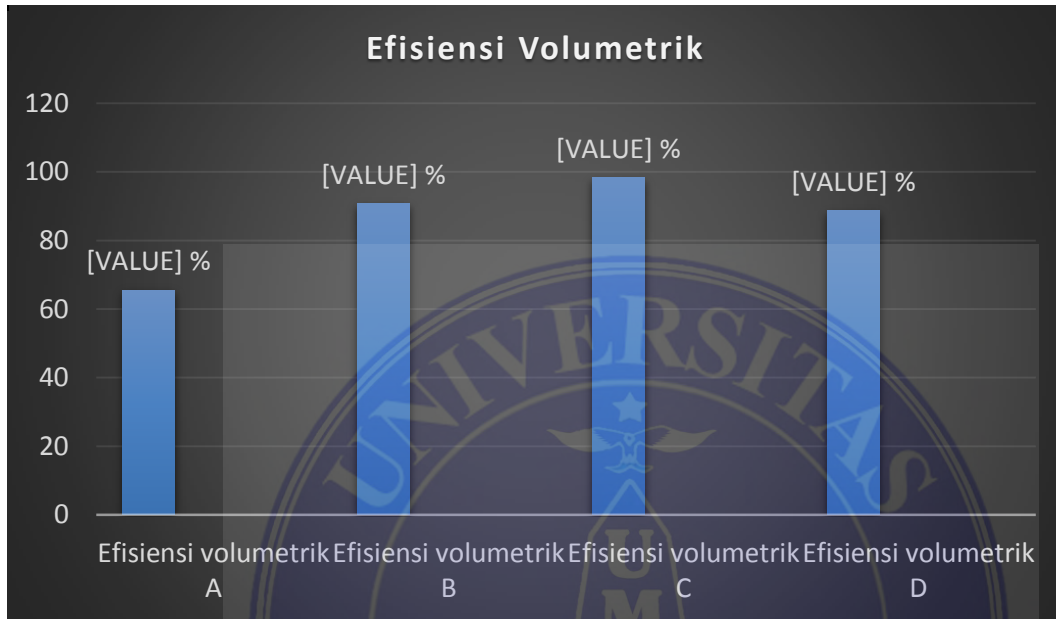
Gambar 5.1. Tabel Efisiensi Thermal

2. Semakin besar w_i (daya indikator kw atau hp) maka η_m (efisiensi mekanis) nya juga semakin besar, Seperti yang terlihat pada gambar tabel 5.2.



Gambar 5.2. Tabel Efisiensi Mekanis

3. Semakin besar P_a nya maka η_v juga semakin besar Seperti yang terlihat pada gambar tabel 5.3.



Gambar 5.3. Tabel Efisiensi Volumetrik

5.2 saran

1. secanggih-canggihnya mesin yang di aplikasikan dalam sebuah mobil tetap saja membutuhkan perawatan secara berkala
2. sparepart saringan udara dan oli yang sudah melewati batas pemakaian sebaiknya secepatnya diganti