



## Analisa Unjuk Kerja *Internal Combustion Engine Tipe T113d* Terhadap Emisi Gas Buang

Suyatno<sup>1</sup>, Helen Riupassa<sup>2</sup>, Marthina Mini<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Dosen Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan (FTIK)  
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura (USTJ)

### Abstract

Received: 21 Agustus 2023

Revised: 31 Agustus 2023

Accepted: 2 September 2023

*This research aims to determine the performance of the Internal Combustion Engine Type T113D on carbon monoxide (CO) and hydrocarbon (HC) exhaust emissions, engine efficiency and rotation, to obtain efficient CO and HC. The research process was carried out by: testing rotation variations of motor power, torque, thermal efficiency, average effective direct fuel consumption, carbon monoxide and hydrocarbons. The research results showed that at 1000 rpm the highest CO was 10.00% and the lowest CO at 3000 rpm was 8.59%. What then influences the increase and decrease in CO is the reduction in fuel and air which is less homogeneous or does not burn completely in the combustion chamber. So it makes CO become high. High carbon monoxide is influenced by a poor mixture of air and fuel so that it can affect combustion in the combustion chamber, causing low engine speed. The lower the rotation, the higher the hydrocarbons (HC), this is because the mixture of air and fuel is less homogeneous which can affect the level of hydrocarbons.*

**Keywords:** *Rotation, efficiency and fuel*

(\*) Corresponding Author: [suyatnoarief@gmail.com](mailto:suyatnoarief@gmail.com)

**How to Cite:** Suyatno, S., Riupassa, H., & Mini, M. (2023). Analisa Unjuk Kerja Internal Combustion Engine Tipe T113d Terhadap Emisi Gas Buang. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(18), 878-895. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8365395>

## PENDAHULUAN

Polusi udara bukanlah masalah yang asing lagi bagi kehidupan kita saat ini dan juga bukan hal yang baru ketika kita mengetahui tingkat polusi udara hingga melebihi ambang batas yang diizinkan. Hal ini sangat berdampak bagi lingkungan, kesehatan manusia, lapisan ozon yang menipis disebabkan karena tingkat polusi yang tinggi selain itu polusi udara juga telah banyak menimbulkan berbagai penyakit. Salah satu penyebab polusi udara adalah kendaraan bermotor, industri dan pembakaran hutan, emisi gas buang yang di hasilkan berupa CO, HC, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> dan SO<sub>x</sub>. Dari data peneliti terdahulu telah mendapatkan 70% polusi udara disebabkan oleh kendaraan bermotor dan 24,8% polusi yang dihasilkan dari industri.

Motor bensin adalah mesin penghasil daya yang paling efisien yang pernah ada hingga saat ini. Ironisnya, motor bensin juga memiliki andil yang besar pada problem lingkungan berupa polusi udara. Emisi gas buang yang dikeluarkan oleh motor bensin dengan kadar emisi (CO 69,1%) dan (HC 7,8%) data ini menunjukkan bahwa besarnya emisi gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor sesuai jenis bahan bakar, jenis kendaraan, tahun keluaran mesin dan nilai oktan bahan bakar.



## **TINJAUAN PUSTAKA**

I W Suarna (2000) Analisa Pengaruh Bahan Bakar dan Variasi Putaran Mesin pada Kendaraan Bermotor Terhadap Karakteristik Emisi Gas Buang, data penelitian memperlihatkan bahwa besar polusi udara yang dikeluarkan disebabkan oleh *air fuel ratio*, *sparct ingnesion*, *compression ratio*, *engine speed*, pada kendaraan bermotor tidak memenuhi standar nilai oktan bahan bakar yang digunakan sehingga menyebabkan kendaraan bermotor dapat mengeluarkan polusi udara. Kadar polutan emisi gas buang yang dikeluarkan kendaraan bermotor berupa Karbonmonoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC), dari data polusi udara mencatat bahwa 70% polusi udara emisi disebabkan oleh kendaraan bermotor, 24,8% polusi yang disebabkan industri dan sisanya berasal dari pembakaran hutan, limbah rumah tangga. Kemudian berdasarkan hasil peneliti yang telah dilakukan oleh *I W Suarna* besarnya polusi udara disebabkan kendaraan bermotor CO 69,1%, HC 7,8%, NOx 9.1 %, SOx 0,9 %, CO2 53,0%, total emisi gas buang kendaraan bermotor adalah 70 % dan polusi udara industri adalah CO 5,8%, HC 10,8%, SOx 3,8%, NOx 0,7% dengan total emisi gas buang industri adalah 24,8%.

Pada motor bensin besarnya emisi gas buang seiring dengan besarnya penambahan jumlah campuran udara dan bahan bakar yang kurang homogen, karena yang masuk kedalam silinder adalah campuran udara dan bahan bakar. Akan tetapi pada mesin diesel besarnya emisi dalam bentuk opasitas (ketebalan asap) tergantung pada banyaknya jumlah bahan bakar yang disemprotkan kedalam silinder, karena pada motor diesel yang dikompresikan adalah udara murni. Dari data tersebut maka telah tercatat 100 % CO yang ada di udara adalah hasil pembuangan dari mesin diesel sebesar 11 % dan mesin bensin adalah (CO 69,1%) dan (HC 7,8%).

### **Motor Bensin**

Motor bensin adalah motor yang termasuk dalam motor pembakaran dalam yang memampatkan bahan bakar bensin untuk menghasilkan pembakaran dengan oksigen dari udara, sehingga menimbulkan energi thermal yang kemudian dimanfaatkan menjadi energi mekanik. Pembakaran dapat terjadi karena busi menghasilkan loncatan bunga api listrik yang menyalakan campuran bahan bakar dan udara segar. Motor bensin dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi berfungsi meloncatkan bunga api listrik untuk menyalakan campuran bahan bakar dan udara segar, sedangkan untuk karburator berfungsi menghasilkan campuran bahan bakar dengan udara sehomogen mungkin. Pencampuran tersebut terjadi karena bahan bakar terhisap masuk atau disemprotkan kedalam arus udara segar yang melewati venturi dari sistem karburator. Campuran bahan bakar dan udara segar yang terjadi itu sangat mudah terbakar.

Campuran tersebut kemudian masuk kedalam silinder yang dinyalakan oleh loncatan bunga api listrik dari busi menjelang akhir dari langkah kompresi. Pembakaran bahan bakar dan udara ini menyebabkan motor menghasilkan daya pada langkah ekspansi.

### **Siklus Kerja Motor Bensin Empat Langkah.**

Pada motor bensin empat langkah prinsip kerjanya untuk menyelesaikan satu siklus terdapat empat langkah piston yaitu langkah hisap, langkah kompresi,

langkah usaha, dan langkah buang, sehingga dalam satu siklusnya tercapai dalam dua putaran poros engkol. Proses kerja motor bensin empat langkah adalah sebagai berikut :

1). Langkah Hisap (*Intake*)

Dalam langkah ini, campuran bahan bakar dan udara dihisap ke dalam silinder. Katup hisap membuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), menyebabkan ruang silinder menjadi vakum dan menyebabkan masuknya campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder yang disebabkan adanya tekanan udara luar.

2). Langkah Kompresi (*Compression*)

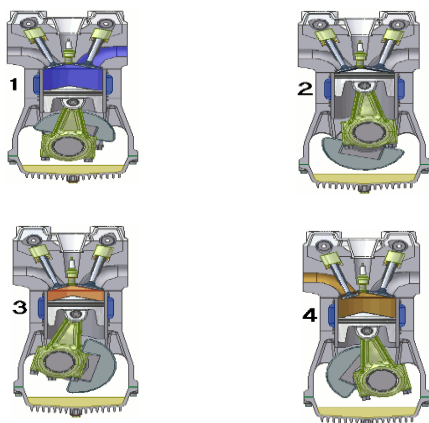
Dalam langkah ini, campuran udara dan bahan bakar dikompresikan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Waktu torak naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), campuran yang dihisap tadi dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperturnya akan naik, sehingga akan mudah terbakar. Saat inilah percikan api dari busi terjadi . Poros engkol berputar satu kali ketika torak mencapai titik mati atas (TMA).

3). Langkah Usaha (*Power*)

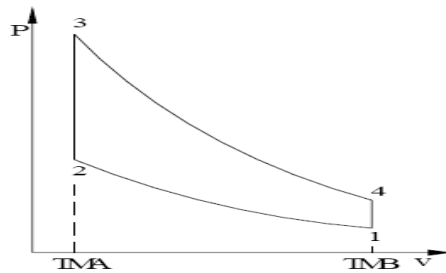
Dalam langkah ini, mesin menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Saat torak mencapai titik mati atas ( TMA ) pada saat langkah kompresi, busi memberikan loncatan bunga api pada campuran yang telah dikompresikan dengan adanya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke bawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin.

4). Langkah Buang (*Exhaust*)

Dalam langkah ini, gas yang sudah terbakar, akan dibuang ke luar silinder. Katup buang membuka sedangkan katup hisap tertutup. Waktu torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas ( TMA ), mendorong gas bekas keluar dari silinder. Pada saat akhir langkah buang dan awal langkah hisap kedua katup akan membuka sedikit (*valve overlap*) yang berfungsi sebagai langkah pembilasan (campuran udara dan bahan bakar baru mendorong gas sisa hasil pembakaran). Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan langkah berikutnya, yaitu langkah hisap. Poros engkol telah melakukan 2 putaran penuh dalam satu siklus yang terdiri dari empat langkah yaitu, *1 langkah hisap, 2 langkah kompresi, 3 langkah usaha, 4 langkah buang* yang merupakan dasar kerja dari pada mesin empat langkah.



Gambar 1. Unjuk Kerja *Internal Combustion Engine*



Gambar 2. Diagram P-V Motor Bensin Empat Langkah

Keterangan:

0 – 1 : Langkah Isap

Campuran udara bahan bakar dihisap kedalam silinder/ruang bakar. Piston bergerak menuju titik mati bawah (TMB). Katup isap terbuka dan katup buang tertutup.

1 – 2 : Langkah Kompresi

Kedua katup tertutup. Piston bergerak menuju titik mati atas (TMA). Sesaat sebelum piston mencapai TMA, bunga api dari busi dipercikkan dan bahan bakar mulai terbakar, sehingga terjadi proses pemasukan panas pada langkah 2-3.

2-3. Langkah Ekspansi

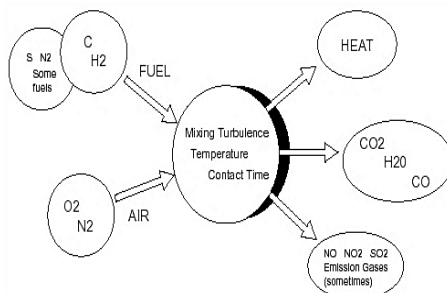
Selama pembakaran, sejumlah energi dibebaskan, sehingga suhu dan tekanan dalam silinder naik dengan cepat. Setelah mencapai TMA, piston akan didorong oleh gas bertekanan tinggi ini menuju TMB (langkah ekspansi). Tenaga mekanis ini diteruskan ke poros engkol. Saat sebelum mencapai TMB, katup buang terbuka, gas hasil pembakaran mengalir keluar dan tekanan dalam silinder turun dengan cepat.

3 – 4 : Langkah Pembuangan

Piston bergerak menuju titik mati atas mendorong gas di dalam silinder ke saluran buang.

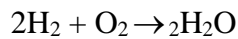
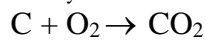
### Pembakaran

Proses pembakaran merupakan suatu reaksi kimia cepat antara bahan bakar dengan oksigen dari udara di dalam ruang bakar, yaitu ruangan yang dibatasi oleh dinding silinder, kepala torak dan kepala silinder. Oleh karena tekanan dan temperaturnya tinggi, hingga mencapai  $480^{\circ}\text{C}$  maka butir – butir bahan bakar yang di semprotkan akan menguap dan uap bahan bakar yang terjadi selanjutnya bercampur secara berangsur – angsur dimana pada saat ini terjadi proses pembakaran bahan bakar.

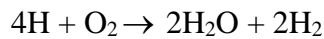
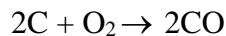


Gambar 3. Pembakaran Secara Skematis

Pembakaran pada dasarnya adalah proses oksidasi dari *combustible material* dengan disertai pancaran gas, sehingga menghasilkan suatu panas serta sisa pembakaran berupa gas buang. Unsur karbon dan unsur hidrokarbon merupakan elemen maupun bahan utama di dalam bahan bakar. Kombinasi oksigen dan karbon pada bahan bakar akan menghasilkan panas melalui mekanisme yang kompleks. Mekanisme itu memerlukan campuran *turbulence* yang tepat, temperatur aktivasi yang sesuai, waktu kontak dan reaksi yang cukup bagi masing-masing reaktan. Proses pembakaran dikatakan sempurna apabila berangsur – angsur yang dapat terbakar terkandung di dalam bahan bakar teroksidasi sempurna, dimana seluruh karbon yang teroksidasi menjadi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan unsur hidrogen (H) menjadi uap air (kondensat H<sub>2</sub>O)

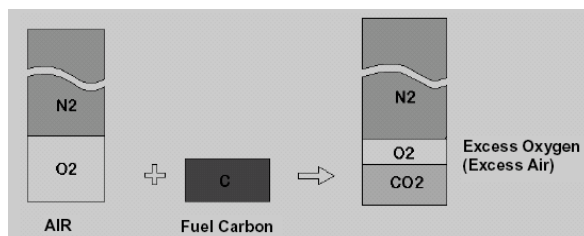


Kenyataannya pembakaran tidak mudah sempurna, reaksi tersebut di atas hanya dapat terjadi secara teori dalam artian tidak seluruh unsur karbon teroksidasi seluruhnya menjadi CO<sub>2</sub>, akan tetapi ada sebagian yang menjadi gas monoksida (CO) begitu pula dengan unsur hidrogen, sebagian unsur akan tetap menjadi hidrogen bebas.

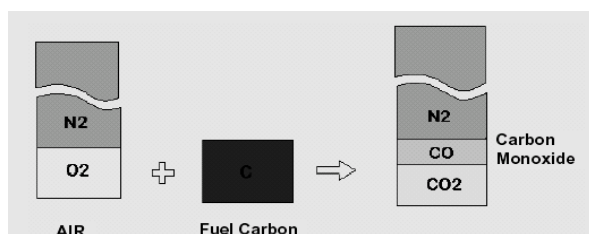


Salah satu penyebab hal di atas adalah tidak cukupnya unsur oksigen di dalam udara yang digunakan untuk pembakaran, sehingga nantinya pembakaran tidak akan menghasilkan panas yang tinggi. Produk pembakaran lain, yang sebenarnya tidak diinginkan, adalah oksida nitrogen (NO<sub>2</sub> dan NO) dan juga oksida sulfur yang terbentuk akibat temperatur pembakaran yang terlalu tinggi. Dengan adanya turbocharge, maka dapat diperoleh udara yang cukup untuk proses pembakaran yang sempurna sehingga diperoleh energi yang tinggi.

Pada prakteknya, perlu ada udara tambahan agar terjadi pembakaran sempurna. Udara ekstra ini disebut *excess air*. Ketika udara yang masuk ruang bakar terlalu sedikit, berarti tidak cukup oksigen untuk membentuk karbon dioksida. Akibatnya, akan terbentuk karbon monoksida karena pembakaran yang berlangsung tidak sempurna.



Gambar 4. Pembakaran dengan Tambahan Excess Air



Gambar 5. Pembakaran Tanpa Excess Air  
Akan Menghasilkan Karbon Monoksida

Kualitas bahan bakar pada mesin bensin diukur dengan bilangan cetana, dalam campuran cetana dan alfa – metal naftalen. Dengan bilangan cetana ini dapat ditentukan jumlah udara dan bahan bakar yang dibutuhkan untuk membakar dengan sempurna, yaitu dengan melihat campuran stoikiometrinya antara bahan bakar udara.

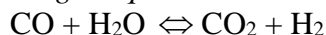
Proses pembakaran dalam silinder motor bensin terjadi dalam 4 periode yang dimulai selama proses kompresi dan berakhir selama proses ekspansi. Keempat periode tersebut adalah periode persiapan nyala-tunda, periode pembakaran cepat, periode pembakaran terkendali dan periode pembakaran lanjutan.

### Emisi Gas Buang Motor Bensin Karbon Monoksida

Terbentuknya karbon monoksida adalah karena terjadinya pembakaran yang tidak sempurna karena oksigen yang kurang pada saat proses pembakaran. Gas ini terutama dipengaruhi oleh *equivalent ratio*,  $\lambda$ . Campuran yang miskin udara ( $\lambda < 1$ ) mengakibatkan tingginya konsentrasi CO. Hal ini karena oksigen tidak cukup tersedia untuk mengoksidasi semua molekul karbon sehingga membentuk CO<sub>2</sub>. Semakin bertambah *excess air*, maka konsentrasi CO menurun.

Pada kendaraan bermotor, naiknya emisi CO dipengaruhi oleh perubahan beberapa parameter motor bakar, misalnya : *ignition timing*, *compression ratio*, dan *engine speed*. Hal ini dapat dijelaskan dengan fakta bahwa reaksi rekombinasi CO menjadi CO<sub>2</sub> yang muncul selama *fase ekspansi*, dipengaruhi oleh tekanan. Namun, parameter di atas tidak mempengaruhi besarnya tekanan yang terjadi selama *fase ekspansi*.

Reaksi yang relevan dengan pembentukan CO dapat dijelaskan dengan persamaan *water gas equation*:



Reaksi sederhana ini cukup akurat untuk menjelaskan proses reaksi dengan kondisi miskin oksigen. Untuk proses dengan jumlah udara berlebih, *excess air*, konsentrasi CO akan semakin menurun seiring dengan kenaikan *air to fuel ratio* (A/F). Terjadinya CO pada proses dengan *excess air* disebabkan adanya A/F lokal yang tidak homogen, reaksi yang terjadi pada dinding ruang pembakaran.

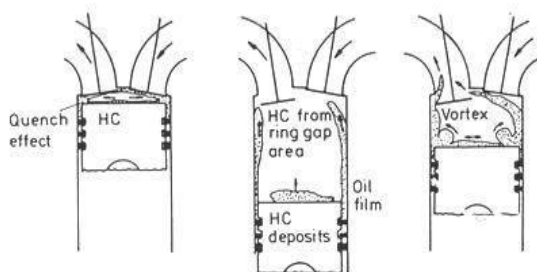
### Hidrokarbon (HC)

Terlepas dari komposisinya, HC memiliki efek narkotika bagi tubuh dan mampu membuat iritasi pada membran *mucous* manusia. Beberapa komponen bahkan bersifat *karsinogenik* (untuk gugus aromatik, misal *benzapyrene*, *benzene*).

HC akan muncul pada area ruang bakar yang tidak kena penyebaran nyala (*flame propagation*). Hal ini biasa terjadi pada *spark-ignition engine*, misalnya pada sela-sela ruang antara ruang bakar dengan *cylinder head*, ring piston, dan lain lain.

Emisi HC juga bisa terjadi jika perpindahan panas dari gas yang berada dekat dengan dinding sangat besar sehingga mampu membuat nyala sendiri (*quench effect*). Efek lain yang menyebabkan hidrokarbon menjadi tidak terbakar adalah terjadinya *misfire* pada rentang campuran bahan bakar dengan udara. Jika campuran miskin udara, maka potensi terjadinya HC akan menjadi besar.

Fenomena tidak melekatnya lapisan pelumas pada dinding juga menjadi penyebab tidak terbakarnya hidrokarbon. Pada dinding ruang bakar, terdapat bahan bakar yang tidak terbakar, dan pelumas. Karena tidak melekat kuat pada dinding, campuran itu akan terbuang. HC akan memisahkan diri dari campuran saat fase *post-oxidation* pada area pembuangan. Proses pembakaran lanjut (*afterburning*) ini memerlukan temperatur tertentu dan konsentrasi oksigen tertentu.



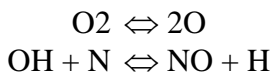
Gambar 6. Proses Terbentuknya HC pada Proses Pembakaran

**Oksida Nitrogen (NOx)**

Komposisi NOx terbanyak terdiri dari Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dan Nitrogen Monoksida (NO). NO<sub>2</sub> merupakan gas dengan bau menusuk dan berwarna merah kecoklatan. Sedangkan NO merupakan gas yang tidak berbau. NO merupakan senyawa yang tidak stabil dan bila terdapat oksigen yang cukup cenderung bereaksi menjadi NO<sub>2</sub>. Pada Konsentrasi rendah, oksida nitrogen cukup bisa untuk menyebabkan iritasi pada paru-paru, kerusakan sel dan membran *mucous* tubuh. Oksida ini juga dapat membentuk senyawa asam yang korosif.

Oksida nitrogen terbentuk akibat temperatur tinggi dengan adanya *excess air*. Biasanya terjadi pada λ=1.05 hingga 1.1. Temperatur tinggi mampu memisahkan N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>. *Excess air* memastikan adanya suplai oksigen yang cukup.

Semua parameter motor bakar yang berhubungan dengan kondisi di atas mempunyai pengaruh terhadap pembentukan NOx (misalnya, pembebanan, λ, *ignition angle*, dan rasio kompresi). Emisi NOx merupakan persentase terbesar dalam emisi NOx (sekitar 90 hingga 98%) saat kondisi operasi. Reaksi membentuk suatu oksida nitrogen merupakan reaksi yang sangat lambat. Mekanisme reaksi yang relevan untuk pembentukan NOx diatur dalam mekanisme *Zeldovic*:





### Tekanan Efektif Rata- rata ( break mean effective pressure )

Tekanan efektif rata-rata (bmep) didefinisikan sebagai tekanan tetap rata-rata teoritis yang bekerja sepanjang volume langkah piston sehingga menghasilkan daya yang besarnya sama dengan daya efektif. Besarnya bmep dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Bmpe = \frac{60 \times Ne \times z}{A \times L \times n \times i \times 1.13} \text{ kPa}$$

dimana:

Bmep = Tekanan efektif rata – rata (kPa)

Ne = Daya motor (hp)

z = 2 (4 langkah) dan 1 (2 langkah)

A = Luas penampang piston

$$A = 1/4 \times \pi \times d^2 = \text{in}^2$$

L = Panjang langkah piston ( m )

n = Putaran motor ( rpm )

i = Jumlah Silinder

### Konsumsi Bahan Bakar Spesifik ( *specific fuel consumption* )

*Specific fuel consumption (sfc)* adalah masa bahan bakar yang dikonsumsi mesin untuk menghasilkan daya efektif sebesar 1 hp selama 1 jam. Perumusan *sfc* adalah sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{3600 \times m_{bb}}{Ne \times s} \text{ kg/hp.Jam}$$

dimana :

Sfc = Konsumsi bahan bakar spesifik

m<sub>bb</sub> = Masa bahan bakar (kg)

Ne = Daya motor (hp)

s = Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan sejumlah m<sub>bb</sub> (s) = masa bahan bakar (kg.s)

### Efisiensi Thermal

Efisiensi thermal ( $\eta_{th}$ ) adalah ukuran besarnya pemanfaatan energi panas dari bahan bakar untuk dirubah menjadi daya efektif oleh motor.

$$\eta_{th} = \frac{\text{Tenaga yang terpakai}}{\text{Panas yang di berikan}} \times 100 \% \quad \eta_{th} = \frac{632}{Sfc \cdot Q_c} \cdot 100\%$$

dimana :

Sfc= pemakaian bahan bakar spesifik (kg/dk.jam)

Q = Nilai kalor bahan bakar bensin 10745 (kcal/kg)

632 = Nilai Konfersi bahan bakar

632 kcal/jam    1 cal = 4.186 joule/s

1 PS = 735,5 W = 735,5 joule/s

$$= 735,5 \times 3600 / 4,186 = 632 \text{ kcal/jam}$$

Harga Q dapat dicari dengan rumus empiris sebagai berikut :

- Untuk bahan bakar motor bensin :

$$Q = LHV = [ 16610 + 40(API) ] \text{ Btu/lb}$$

*API gravity* adalah suatu pernyataan yang menyatakan *density* dari suatu material. *API gravity* diukur pada temperatur minyak bumi 60°F.

### **Air Fuel Ratio (AFR)**

*Air fuel ratio* adalah perbandingan massa udara terhadap massa bahan bakar yang masuk ke ruang bakar yaitu: 1: 14,7/1 kg bensin banding 14,7 kg udara.

$$A/F = \frac{mu}{mbb} \text{ kg}$$

dimana :

A/F = Air Fuel Ratio

mu = masa udara (kg)

mbb = masa bahan bakar (kg)

### **Analisis Gas Buang**

Dari pengujian motor pembakaran dalam akan dihasilkan kandungan gas buang dalam prosentase volume dan ppm, antara lain :

Gas CO (% volume)

Gas HC (ppm) (*par per molt*)

Selain kandungan gas-gas di atas, masih ada kandungan gas dan partikulat lain yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar, tetapi karena jumlahnya sangat kecil sehingga alat ukur gas buang tidak dapat mendeteksi.

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan *Internal Combustion Engine Tipe T113D*. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh unjuk kerja *Internal Combustion Engine Tipe T113D* satu silinder terhadap kosentrasi emisi gas buang CO dan HC.



Gambar 8. *Internal Combustion Engine Tipe T113D*

Tipe : BH 40 Motor Bensin 4-langkah, horisontal berpendingin udara.

Jumlah silinder : Satu silinder

Sistem pembakaran : Penyalaan busi

Diameter x langkah : 78 mm x 62 mm.

Volume langkah : 148 cc.

Compression ratio : 6 :1

Tenaga (Power) : 2,98 kW/ 3600 rpm

Torsi : 7,96 N.m / 3600 rpm



Gambar 9. Stop Wath

Stop wath digunakan untuk mengukur waktu konsumsi bahan bakar yang habis pada gelas ukur.

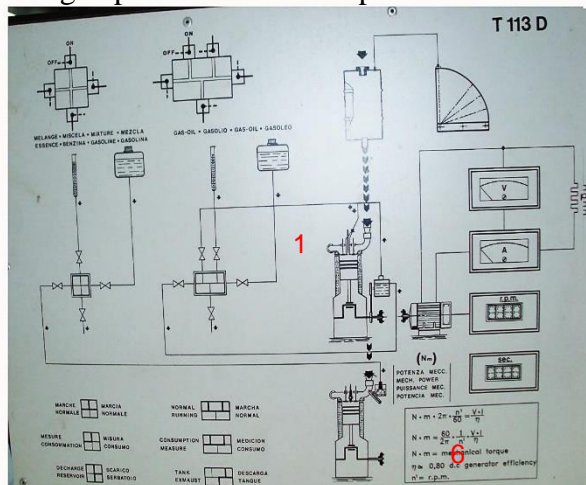


Gambar 10. Tachometer

Tachometer digunakan untuk mengukur putaran motor bensin.

Jenis : Strobotester PT100, digital.

Range operasi : 100-1000 rpm.



Gambar 11. Skema Alat Uji Internal Combustion Engine Tipe T113D

Keterangan :

1. Tangki Bahan Bakar .
2. Selang Saluran Bahan Bakar (intake Fuel)
3. Selang Keluar (Out Fuel)
4. Gelas Ukur Bahan Bakar 20 ml
5. Ruang Bakar engine bensin
6. Generator Out put
7. Voltt                    8. Amper
9. rpm                    10. Stop Wath
11. Rumus dasar Motor Bakar.



Gambar 12. *Exhaust Gas Analyser*

*Exhaust gas analyzer* digunakan untuk mengukur kadar gas buang berupa CO dan HC yang dihasilkan oleh Engine Besin.

Jenis                    : Automotive emission gas analyzer  
Type                    : Heshbon HG – 520  
Power suplay : AC 220 V  
Frekuensi            : 50/60 Hz.  
Daya input            : 230 VA.

**Pengujian.**

Untuk pengujian dilakukan 5 tahap pembebanan, dimulai dari variasi 1000 - 3000 rpm.

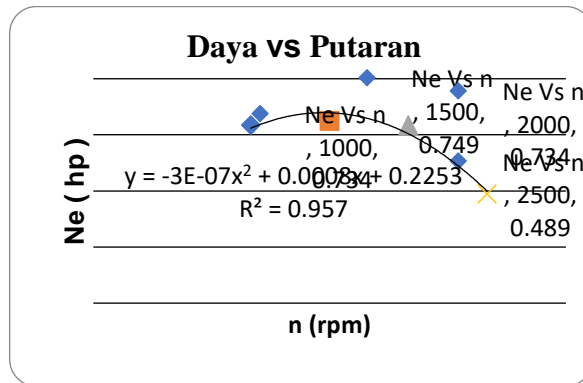
- a. Putaran motor bensin ditentukan lebih dahulu dengan mengatur tuas pengatur kecepatan (*speed control level*) hingga diperoleh kecepatan yang diinginkan yaitu 1000 rpm.
- b. Perhatikan bahwa putaran dari *engine* konstan yaitu sebesar 1000 rpm sebelum terjadi pembebanan atau bukaan katup 0.
- c. Setelah putaran engine konstan, maka pengukuran volt, ampere, rpm, suhu, waktu konsumsi bahan bakar, emisi dapat dilakukan.
- d. Lakukan pembebanan pada regulator pengereman dengan cara memutar regulator pada setiap variasi putaran.
- e. Periksa kembali putaran engine dengan tachometer, jika lebih rendah dari yang direncanakan yaitu 1000 rpm, maka atur dengan menaikkan posisi *speed control level*.
- f. Setelah putaran engine konstan, maka pengambilan data volt, amper, rpm, suhu, waktu, konsumsi bahan bakar, emisi dapat dilakukan.
- g. Setelah selesai pengujian putaran engine diturunkan sampai pada putaran 1000.
- h. Mematikan mesin dan membiarkan mesin menjadi dingin.
- i. Pengambilan data diulang sebanyak 3 kali pada tiap variasi putaran

**Variabel Penelitian.**

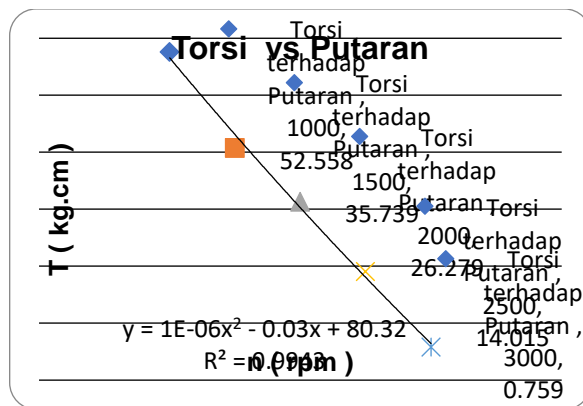
- a. Variabel kendali yang meliputi jenis bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar bensin murni (*fuel Premium*)
- b. Variabel berubah yang meliputi variasi rpm mesin dari putaran idle, 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 dan 3000 rpm turun kembali ke 1000 rpm, 1000 rpm dan idle. Jumlah bahan bakar yang digunakan 1 - 5 liter
- c. Variabel respon yang meliputi pengaruh bahan bakar bensin terhadap konsentrasi emisi gas CO dan HC .

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari gambar grafik di bawah menunjukkan terjadinya kenaikan daya terhadap putaran. Semakin rendah putaran mesin semakin tinggi daya yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin tinggi daya motor yang dipengaruhi oleh putaran mesin. Semakin tinggi putaran mesin akan membuat poros engkol berputar lebih cepat sehingga meningkatkan momen putar.



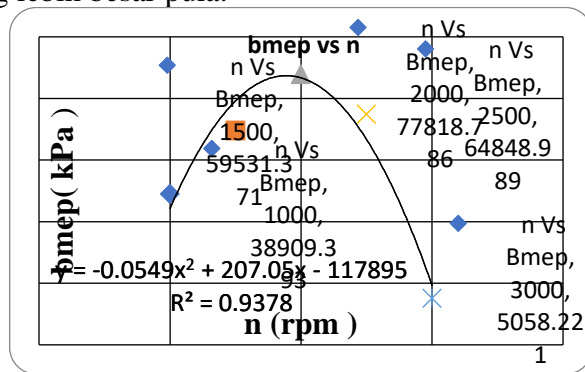
Gambar 13. Grafik Daya terhadap Putaran



Gambar 14. Grafik Torsi terhadap Putaran

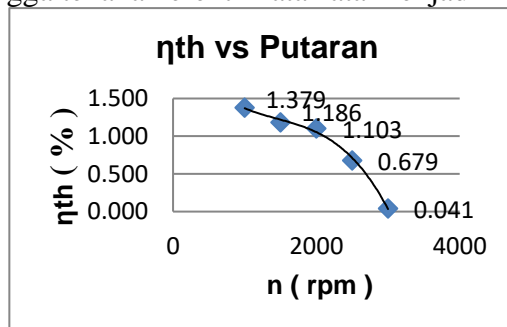
Pada grafik di atas menunjukkan terjadinya kenaikan torsi terhadap putaran mesin. Semakin rendah putaran semakin tinggi torsi yang dihasilkan. Hal ini karena semakin tinggi putaran mesin akan membuat poros engkol berputar lebih cepat sehingga meningkatkan momen putar. Dari data menunjukkan nilai torsi tertinggi didapat pada putaran 1000 rpm yaitu sebesar 52,558 kg.cm tingginya nilai torsi disebabkan oleh campuran udara dan bahan bakar yang dikompresikan

kedalam ruang bakar yang sangat homogen maka pembakaran yang terjadi lebih besar, energi kalor bahan bakar yang dirubah menjadi energi mekanik juga lebih besar yang merupakan gaya dorong pada piston. Bila gaya dorong pada piston besar, maka torsi juga akan besar. Hal ini dapat terjadi karena *losses*, baik karena gesekan maupun mekanisme torak yang timbul pada putaran rendah masih kecil. Namun setelah mencapai puncak, besarnya torsi pada putaran tertentu akan mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan pada putaran yang lebih tinggi, *losses* yang timbul terutama *friction losses* jadi sangat besar, sehingga banyak energi yang terbuang, untuk mengatasi *losses* tersebut akibatnya torsi engine menurun besar akibatnya terjadi pembakaran yang lebih besar dan terbentuk tekanan yang lebih besar pula.



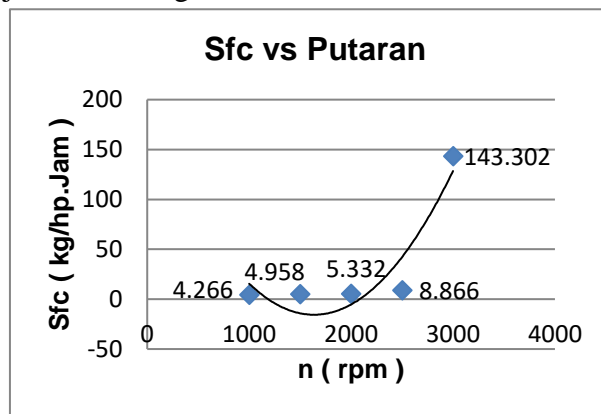
Gambar 15. Grafik Tekanan Efektif Rata-rata terhadap Putaran

Dari grafik di atas terlihat pada putaran rendah, besarnya *bmep* akan semakin naik seiring dengan penambahan putaran. Hal ini disebabkan karena dengan penambahan putaran maka terjadi penambahan daya yang dihasilkan *engine*. Dengan penambahan daya berarti pembakaran yang terjadi lebih besar, energi kalor bahan bakar yang dirubah menjadi energi mekanik juga lebih besar. Nilai tertinggi tekanan efektif rata-rata pada putaran 2000 rpm yaitu sebesar 77818,786 kPa dan nilai terendah pada putaran 3000 rpm adalah sebesar 5058,221 kPa. Hal ini disebabkan nilai tekanan efektif rata-rata dipengaruhi daya yang dihasilkan. Kecepatan putaran mesin yang tinggi membuat poros engkol berputar lebih cepat untuk melakukan pembakaran di dalam ruang bakar sehingga tekanan yang terjadi di dalam ruang bakar akan mengalami peningkatan. Kemudian terjadinya penurunan disebabkan karena pembakaran di dalam ruang bakar tidak sempurna maka tekanan yang terjadi di dalam ruang bakar akan mengalami penurunan sehingga tekanan efektif rata-rata menjadi menurun.



Gambar 16. Grafik Efisiensi Thermal terhadap Putaran

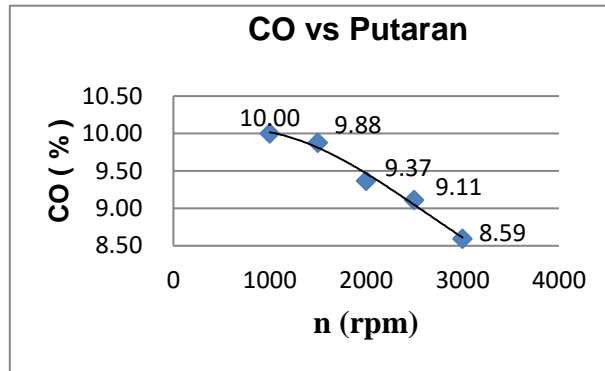
Dari grafik di atas menunjukkan nilai Efisiensi thermal tertinggi terdapat pada putaran 1000 rpm yaitu sebesar 1,379% dan nilai terendah pada putaran 3000 rpm adalah sebesar 0,041%. Hal tersebut dipengaruhi oleh menurunnya konsumsi bahan bakar spesifik, pada putaran rendah efisiensi *engine* kecil hal ini terjadi karena campuran udara bahan bakar yang terlalu kaya dan turbulensi aliran yang rendah mengakibatkan pembakaran tidak optimal. Seiring dengan naiknya putaran, kedua faktor itu berangsur angsur membaik akibatnya proses pembakarannya pun semakin optimal dan efisiensi *engine* pun naik. Pada putaran tertentu efisiensi akan mencapai puncak kemudian turun hal ini terjadi karena pada putaran tinggi banyak sekali *losses*, salah satunya yang paling berpengaruh adalah minimnya waktu pembakaran mengakibatkan banyak bahan bakar yang belum sempat terbakar sehingga daya yang dihasilkan *engine* pun turun. Adanya bahan bakar yang terbuang dan belum sempat terbakar inilah yang mengakibatkan efisiensi *engine* pun jadi berkurang.



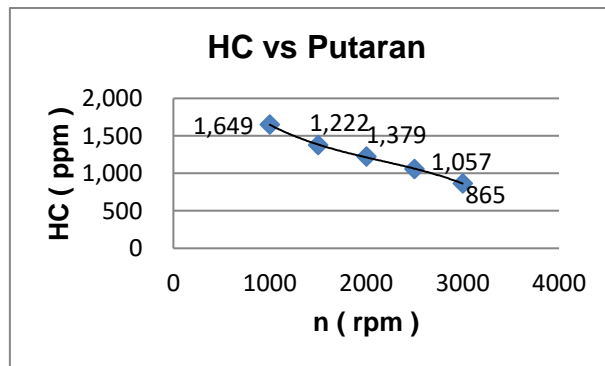
Gambar 17. Grafik Konsumsi Bahan Bakar terhadap Putaran Mesin

Dari grafik di atas telah terlihat bahwa terjadi kenaikan nilai konsumsi bahan bakar pada putaran 3000 rpm adalah 143.302 kg/hp.jam dan terjadi kesamaan nilai konsumsi bahan bakar yang tidak berbeda jauh seperti terlihat pada tren grafik bahwa pada putaran 1000, 1500, 2000 kecenderungan sama kemudian pada putaran 2500 rpm mengalami peningkatan konsumsi bahan bakar adalah 8.866 kg/hp.jam. Hal ini dikarenakan semakin tinggi putaran maka semakin tinggi pula jumlah bahan bakar yang dikonsumsi.

Dari gambar grafik 4.6 terlihat bahwa pada putaran 1000 rpm CO terbesar adalah 10.00% dan CO terendah pada putaran 3000 rpm adalah sebesar 8,59%. Hal yang berpengaruh kemudian terjadinya kenaikan dan penurunan CO adalah berkurangnya bahan bakar dan udara yang kurang homogen atau tidak terbakar dengan sempurna pada ruang bakar. Maka membuat CO menjadi tinggi. Tingginya Karbon monoksida dipengaruhi oleh campuran udara dan bahan bakar yang miskin sehingga dapat berpengaruh pada pembakaran dalam ruang bakar yang menyebabkan putaran mesin menjadi rendah. Hal ini karena semakin rendah putaran mesin akan membuat poros engkol berputar lebih lambat sehingga meningkatnya karbon monoksida menjadi tinggi pula.

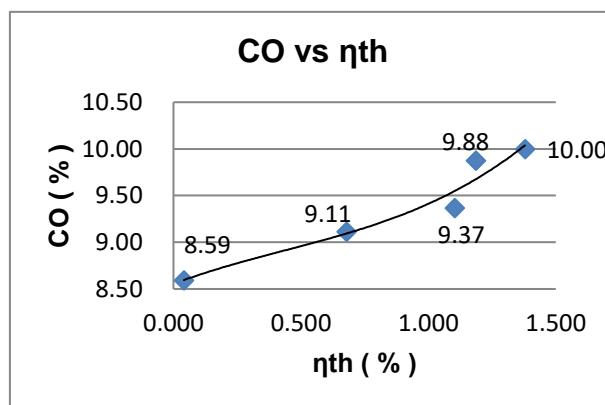


Gambar 18. Grafik Karbonmonoksida terhadap Putaran



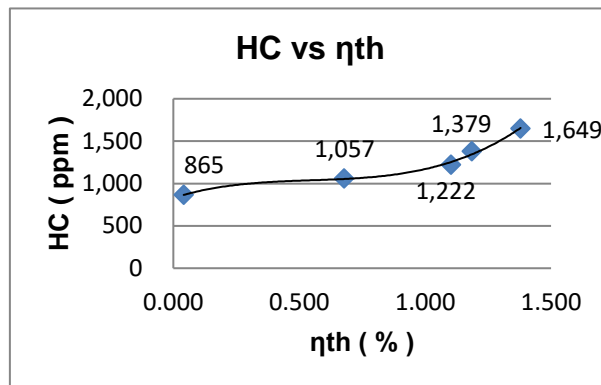
Gambar 19. Grafik Hidrokarbon terhadap Putaran

Dari grafik di atas terlihat bahwa semakin rendah putaran maka semakin tinggi hidrokarbon, ini disebabkan karena campuran udara dan bahan bakar yang kurang homogen sehingga dapat mempengaruhi tingginya hidrokarbon.



Gambar 20. Grafik Karbon Monoksida terhadap Efisiensi Thermal

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi efisiensi thermal maka semakin tinggi karbon monoksida. Hal yang berpengaruh pada efisiensi thermal sehingga terjadi kenaikan dan penurunan karbon monoksida karena dipengaruhi oleh putaran mesin dan energi kalor yang terpakai.



Gambar 21. Grafik Hidrokarbon terhadap Efisiensi Thermal

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi efisiensi thermal maka semakin tinggi hidrokarbon. Hal yang berpengaruh pada efisiensi thermal sehingga terjadi kenaikan dan penurunan hidrokarbon karena dipengaruhi oleh campuran udara dan bahan bakar yang miskin maka membuat pembakaran dalam ruang bakar tidak sempurna sehingga membuat putaran mesin menurun maka HC menjadi tinggi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Semakin rendah putaran terhadap daya, torsi, tekanan efektif rata-rata, konsumsi bahan bakar dan *efisiensi termal* sangat berpengaruh terhadap CO dan HC yang dihasilkan kurang efisien. Hal ini Karena dipengaruhi oleh udara dan bahan bakar dalam ruang bakar tidak ikut terbakar dengan sempurna maka mempengaruhi unjuk kerja motor menjadi menurun sehingga menghasilkan CO dan HC tinggi dan rendah.
- Terjadi kenaikan CO pada putaran 1000 rpm adalah sebesar 10,00 % dan penurunan CO pada putaran 3000 rpm adalah sebesar 865 % karena di pengaruhi oleh campuran bahan bakar dan udara yang kurang efektif sehingga menimbulkan pembakaran dalam ruang bakar menjadi berkurang sehingga berpengaruh pada putaran mesin rendah maka menghasilkan CO yang tidak efisien.
- Dari hasil eksperimen didapatkan HC tertinggi pada putaran 1000 rpm adalah sebesar 1.649 ppm dan HC mengalami penurunan pada putaran 3000 rpm adalah sebesar 865 ppm karena dipengaruhi oleh campuran udara dan bahan bakar tidak homogen sehingga pembakaran dalam ruang bakar tidak terbakar dengan sempurna maka sisa-sisa pembakaran itu menimbulkan HC mengalami peningkatan dan penurunan.
- Semakin tinggi efisiensi thermal sangat berpengaruh terhadap kenaikan dan penurunan CO dan HC. Efisiensi tertinggi adalah sebesar 1,36683 ppm dan terendah adalah sebesar 0,04035 ppm .Hal tersebut maka berpengaruh terhadap meningkatnya CO dan HC menjadi tinggi.

### **Saran**

- a. Untuk mendapatkan efisiensi mesin yang efektif dan efisien maka perlu dilakukan perawatan pada *Internal Combustion Engine Tipe T113D*.
- b. Untuk mendapatkan data karbon monoksida dan hidrokarbon yang efektif sesuai standar ambang batas euro 2 secara nasional, maka perlu dirawat alat uji emisi (gas analyzer). Dari data yang telah dilakukan analisa telah mendapatkan hasil yang kurang efisien.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bambang Sugiarto, 2007, Analisa Hasil Uji Petik Emisi Gas Buang (Check Sport) pada Motor Bakar. PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- BPM. Arends, 1980, Motor Bensin, Erlangga, Jakarta
- BS 5514 Reciprocating Internal Combustion Engines : Performance Didacta Manual Book Internal Combustion Engine Tipe T113D*
- Hoywoodr, J.B., 1988, *Internal Combustion Engine Fundamental “ International Edition*
- I W Suarna, 2000, Analisa Pengaruh Bahan Bakar dan Variasi Putaran Mesin Terhadap Karakteristik Gas Buang, Teknik Mesin Udayana Bali
- Jhon Wiley, 1986, *Internal Combustion Engine, Ferguson, Colin R, Toronto*
- Michael Plint, Anthony Martyr, 1999, *Engine Testing Theory and Practice. Second Edition, SAE International*
- Pelangi, 2000, Upaya Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. Erlangga, Jakarta