

PERBEDAAN PENGARUH SISTEM INJEKSI BAHAN BAKAR ELEKTRIK DENGAN DAN TANPA DILENGKAPI SISTEM PENGATURAN WAKTU BUKA TUTUP KATUP, TERHADAP PERFORMA MESIN, KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG.

Joko Prihartono

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik-Universitas Tama Jagakarsa

ABSTRAK

Saat ini produsen kendaraan mulai menggunakan teknologi yang mampu memberikan tenaga mesin yang optimal, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang yang ramah terhadap lingkungan. Sistem ini bekerja dengan cara merubah sistem pemasukan bahan bakar kedalam ruang bakar, yang sebelumnya menggunakan karburator digantikan dengan sistem injeksi bahan bakar secara elektrik. Dengan terus berkembangnya teknologi dirasakan sistem pemasukan bahan bakar secara elektrik masih kurang memberikan tenaga mesin yang optimal, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang yang ramah terhadap lingkungan. Maka ditambahkan suatu sistem untuk membuat waktu buka tutup katup menjadi bervariasi. Dari hasil pengujian pengaruh penerapan sistem injeksi bahan bakar elektrik yang dilengkapi dan tanpa dilengkapi sistem pengaturan waktu buka tutup katup dengan membandingkan mesin K3-DE dengan mesin K3-VE 1300 cc bahan bakar premium, terhadap torsi mesin, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Dari semua data pengujian mesin K3-VE lebih unggul dari mesin K3-DE. Sehingga dengan adanya penerapan teknologi menjadikan mesin K3-VE lebih unggul dari mesin K3-D

Kata kunci : Injeksi bahan bakar elektrik, Sistem pengaturan waktu buka tutup katup, Performansi mesin

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini produsen kendaraan mulai menggunakan teknologi yang mampu memberikan tenaga mesin yang optimal, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang yang ramah terhadap lingkungan. Sistem ini bekerja dengan cara merubah sistem pemasukan bahan bakar kedalam ruang bakar, yang sebelumnya menggunakan karburator digantikan dengan sistem injeksi bahan bakar secara elektrik.

Namun seiring dengan terus berkembangnya teknologi dirasakan sistem pemasukan bahan bakar secara elektrik masih kurang memberikan tenaga mesin yang optimal, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang yang ramah terhadap lingkungan. Maka setiap produsen menambahkan sistem tambahan dengan membuat waktu buka tutup katup menjadi

bervariasi, diharapkan dengan adanya sistem tersebut memberikan tenaga mesin yang optimal, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang yang ramah terhadap lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Pengujian terhadap pengaruh penerapan sistem injeksi bahan bakar elektrik yang dilengkapi dan tanpa dilengkapi sistem pengaturan waktu buka tutup katup masuk, terhadap performa mesin, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang sehingga didapatkan hasil yang terbaik.

1.3 Batasan Masalah

Batasan dalam penelitian adalah perbedaan pengaruh sistem injeksi bahan bakar elektrik dengan dan tanpa dilengkapi sistem pengaturan waktu buka tutup katup

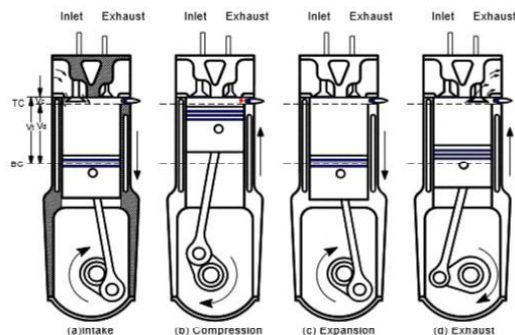
masuk terhadap torsi mesin, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Motor bakar torak merupakan salah satu mesin pembangkit tenaga, yang mengubah energi panas menjadi energi mekanik, melalui proses pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar, sehingga menghasilkan energi mekanik berupa gerakan translasi piston menjadi gerak rotasi poros engkol. Gerak rotasi poros engkol selanjutnya diteruskan kesistem transmisi, roda gigi kemudian diteruskan ke roda-roda penggerak, sehingga kendaraan dapat berjalan.

2.1 Motor Bakar Empat Langkah

Motor bakar torak empat langkah adalah jenis motor bakar yang menyelesaikan satu siklusnya dengan empat gerakan translasi piston atau dengan kata lain dalam menghasilkan tenaga memerlukan dua kali putaran poros engkol.



Gambar 1 Siklus Kerja Motor Bensin Empat Langkah [Maleev, V.L, 1945]

2.2 Torsi dan Daya

Torsi yang dihasilkan suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan torquemeter yang dikopel dengan poros output mesin.

$$P_e = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

Dimana :

P_e = Daya keluaran (Watt)

n = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi (N.m)

Adapun daya mekanis yang dihasilkan motor adalah : [Petrovsky, N]

1. Tenaga indikasi (*Indicated Horse Power*)

dimana :

N_i = Daya indikasi (*indicated horse power*)

p_i = Tekanan indikasi (Kg/Cm²)

V_d = Volume langkah (Cm³)

n = Putaran poros engkol (rpm)

i = Jumlah silinder

Z = Perbandingan langkah siklus, untuk mesin dua langkah =

1, dan untuk mesin empat langkah = 2

2. Tenaga pada *mechanical losses* (kerugian mekanik)

$$N_m = \frac{P_m \cdot V_d \cdot n \cdot i}{0,45 \cdot Z} (\text{hp})$$

Dimana :

N_m = Tenaga yang hilang (hp)

P_m = Rugi tekanan (kg/cm²)

3. Tenaga efektif (*Brake Horse Power*)

$$N_b = \frac{P_c \cdot V_d \cdot n \cdot i}{0,45 \cdot Z} (\text{hp})$$

$$H_m = \frac{N_i \cdot N_m}{N_i} \times 100\%$$

Sehingga :

$$H_m = \frac{N_b}{N_i} \times 100\%$$

2.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific fuel consumption, sfc*)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah mesin. Bila daya rem dalam satuan KW dan laju aliran massa bahan bakar dalam satuan kg/jam, maka :

$$sfc = \frac{m_f \times 10^3}{P_e}$$

Dimana :

Sfc = Konsumsi bahan bakar spesifik (g/KW.h)

m_f = laju aliran bahan bakar (kg/jam)

Besarnya laju aliran massa bahan bakar (m_f) dihitung dengan persamaan berikut :

$$m_f = \frac{sg_f \cdot V_f \cdot 10^{-3}}{t_f} \times 3600$$

Dimana :

sg_f = spesifik graviti

V_f = volume bahan bakar yang diuji

t_f = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak volume uji (detik)

2.4 Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR)

Perbandingan udara bahan bakar disebut dengan *Air Fuel Ratio (AFR)*, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$AFR = \frac{m_a}{m_f}$$

Dimana :

m_a = laju aliran massa udara (kg/jam).

2.5 Efisiensi Volumetris

Efisiensi volumetris (η_v) dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$\eta_v = \frac{\text{Berat udara segar yang terhisap}}{\text{Berat sebanyak volume langkah torak}}$$

$$\eta_v = \frac{\rho_a}{R \cdot T_a}$$

Diasumsikan udara sebagai gas ideal, sehingga massa jenis udara dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$\rho_a = \frac{P_a}{R \cdot T_a}$$

Dimana :

R = konstanta gas (untuk udara = 29.3 kg.m/kg.K)

2.6 Efisiensi Thermal Brake

Kerja berguna yang dihasilkan selalu lebih kecil dari pada energi yang dibangkitkan piston karena hilangnya, akibat adanya rugi-rugi mekanis. Efisiensi ini sering disebut sebagai *thermal brake*.

$$\eta_b = \frac{\text{Daya keluar aktual}}{\text{Laju panas yang masuk}}$$

Laju panas yang masuk Q, dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Q = m_f \cdot LVH$$

Dimana, LVH = nilai kalor KW, laju aliran bahan bakar m_f dalam satuan kg/jam, maka :

$$\eta_b = \frac{P_e}{m_f \cdot LVH}$$

2.7 Emisi Gas Buang

Bahan pencemar (polutan) yang berasal dari kendaraan bermotor dapat

diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut :

[Pohan, Nurhasmawaty, 2004]

1. Sumber

Polutan dibedakan menjadi polutan primer atau sekunder. Polutan primer seperti nitrogen (NO_x) dan hidrokarbon (HC) langsung dibuang ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada pembuangan. Polutan sekunder seperti ozon (O_3) dan peroksiasetil nitrat (PAN) adalah polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi fotokimia, hidrolis atau oksidasi.

2. Komposisi kimia

Polutan dibedakan menjadi organik dan anorganik. Polutan organik mengandung karbon dan hidrogen, juga beberapa elemen seperti oksigen, nitrogen, sulfur atau fosfor, contohnya : hidrokarbon, keton, alcohol, ester dan lain-lain. Polutan anorganik seperti : karbon monoksida (CO), karbonat, nitrogen oksida, ozon dan lainnya.

3. Bahan penyusun

Polutan dibedakan menjadi partikulat atau gas. Partikulat dibagi menjadi padatan dan cairan seperti :debu.asap, abu, kabut dan spray, partikulat dapat bertahan di atmosfer. Sedangkan polutan berupa gas tidak bertahan di atmosfer dan bercampur dengan udara bebas.

Toyota Computer Control System

Mesin bensin menghasilkan tenaga melalui ledakan campuran udara dan bahan bakar, tiga elemen penting agar mesin bensin menghasilkan tenaga :

[Toyota Astra Motor,2010]

1. Campuran udara dan bahan bakar yang baik.
2. Kompresi yang baik.
3. Loncatan api (*spark*) yang baik.

Untuk mendapatkan ketiga elemen ini secara simultan, perlu dilakukan kontrol secara tepat terhadap formasi campuran udara dan bahan bakar dan waktu loncatan bunga api. Sebelum tahun 1981, satu-satunya sistem kontrol mesin yang ada adalah *EFI (Electronic Fuel Injection)*, yang menggunakan komputer untuk mengontrol volume injeksi bahan bakar.

Selain *EFI*, sekarang terdapat sistem-sistem kontrol computer lain, termasuk *ESA* (*Electronic Spark Advance*), *ISC* (*Idle Speed Control*), sistem diagnosik. Agar *computer* bekerja dengan baik, diperlukan sistem yang komprehensif yang terdiri dari berbagai alat-alat *input* dan *ouput*. Pada mobil, sensor-sensor seperti *water temperature sensor* atau meter aliran udara berhubungan dengan *input* dan *actuator*, semacam *injector* atau *igniter* berhubungan dengan *output*. Toyota, *computer* yang mengontrol sebuah sistem disebut *ECU* (*Electronic Control Unit*). Komputer yang mengontrol mesin disebut *ECU* mesin atau *ECM* (*Engine Control Module*).

Sistem Injeksi Bahan Bakar Elektrik

Sistem injeksi bahan bakar elektrik adalah suatu sistem pemasukan bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan memberikan tekanan yang dihasilkan oleh pompa bahan bakar yang kemudian di injeksikan oleh injektor. Sistem ini juga menggabungkan beberapa sensor yang digunakan sebagai inputan data yang di butuhkan untuk mengkalkulasikan banyaknya bahan bakar yang di suplai kedalam ruang bakar, serta waktu penginjeksian bahan bakar yang tepat sesuai dengan kebutuhan mesin pada setiap silinder. Selain sensor-sensor yang dibenamkan kedalam sistem injeksi bahan bakar elektrik, komputer yang mengontrol data yang di terima dari sensor-sensor kemudian komputer tersebut mengkalkulasikan data yang di terima dan meneruskannya kepada aktuator.

Dynamometer dan Gas Analyzer

I. Dynamometer

Dalam konteks otomotif, *Dynamometer* atau *dyno* adalah alat ukur untuk mengetahui kekuatan yang dihasilkan oleh mesin sepeda motor atau mobil, dengan hasil yang dikeluarkan berupa torsi per rpm, selanjutnya dapat dikembangkan menjadi output power per rpm, juga dapat diketahui kecepatan maksimum, waktu tempuh, akselerasi dan jarak.

II. Gas Analyzer

Gas Analyzer adalah Suatu peralatan instrumentasi yang digunakan untuk mengukur komposisi dan proporsi dari suatu campuran gas. Pada kendaraan *gas analyzer* biasanya dipasang di knalpot. Tujuan pemakaian *gas analyzer* itu sendiri pada kendaraan sebenarnya untuk mengetahui kandungan beberapa emisi gas buang. Adapun jenis-jenis gas yang diukur berupa CO (Karbon Monoksida), CO₂ (Karbon Dioksida), O₂ (Oksigen), NO_x (Nitrogen Oksida) dan HC (Hidro Karbon).

III. METODE PENELITIAN

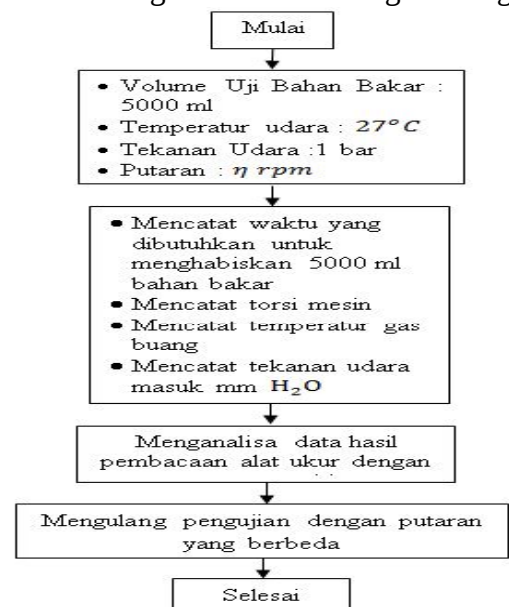
Bahan dan Alat

1. Bahan

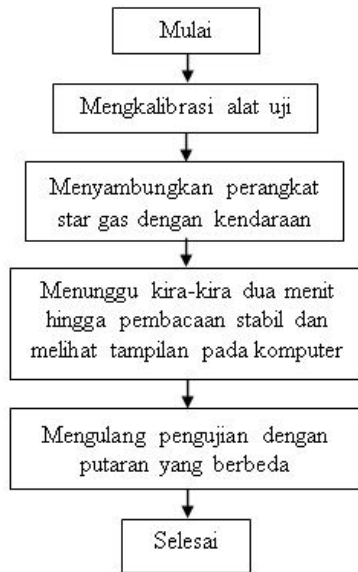
- Kendaraan 1300 cc dengan mesin K3-DE bahan bakar premium.
- Kendaraan 1300 cc dengan mesin K3-VE bahan bakar premium.

2. Alat

- Dynamometer tipe chasis untuk menghitung torsi mesin.
- Stargas analyzer 898 untuk mengukur kadar emisi gas buang.



Gambar 2 Diagram Alur Pengujian Performasi Motor Bakar Bensin

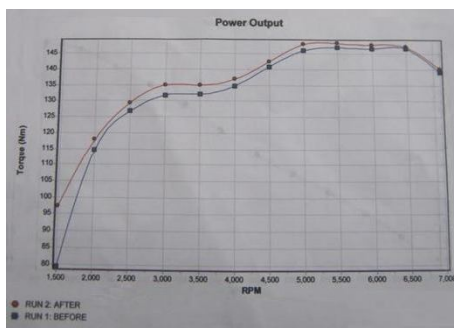


Gambar 3 Diagram Alur Pengujian Emisi Gas Buang Motor Bakar

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Torsi

Besarnya torsi yang dihasilkan berdasarkan hasil pembacaan *dynamometer* dengan bahan bakar premium. Adalah sebagai berikut :



Gambar 4 Grafik Torsi Kendaraan dengan mesin K3-DE dan K3-VE

Berdasarkan pengujian maka didapat pada posisi roda gigi empat, torsi maksimum yang dihasilkan oleh mesin K3-DE adalah 147,1 N.m sedangkan torsi maksimum yang dihasilkan oleh mesin K3-VE adalah 148,4 N.m pada putaran mesin 5500. Berdasarkan pengujian torsi yang dilakukan maka mesin K3-VE lebih unggul.

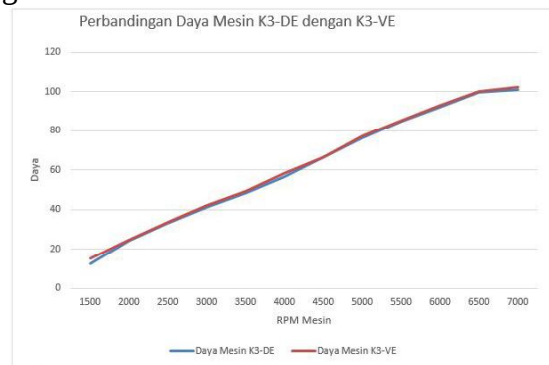
4.2 Daya

$$P_e = \frac{2 \cdot \pi \cdot 5500}{60} \times 148,4 = 85,42 \text{ kW}$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan Daya

No	Putaran Mesin	Type Mesin	
		K3-DE	K3-V3
		Daya Kw	Daya Kw
1	1500	12,45	15,27
2	2000	24,01	24,80
3	2500	33,17	33,85
4	3000	41,38	42,07
5	3500	48,39	49,41
6	4000	56,43	58,15
7	4500	66,36	66,36
8	5000	76,40	77,45
9	5500	84,68	85,42
10	6000	92,12	92,88
11	6500	99,73	100,01
12	7000	101,19	102,26

Perbandingan besarnya daya untuk masing-masing pengujian pada setiap putaran dan beban dapat dilihat pada gambar.



Gambar 5 Grafik Perbandingan Daya mesin K3-DE dan K3-VE

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada masing-masing pengujian, menunjukkan hasil. Kendaraan yang dilengkapi dengan mesin K3-VE memiliki keunggulan daya terhadap kendaraan bermesin K3-DE.

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Sfc)

$$Sfc = \frac{m_f \cdot 10^3}{P_e}$$

$$m_f = \frac{0,739 \cdot 1000 \cdot 10^{-3}}{455} \times 3600 = 5,850 \text{ kg/jam}$$

Besar konsumsi bahan bakar spesifiknya adalah

$$Sfc = \frac{5,850 \cdot 10^3}{84,681} = 69.118 \text{ gr/kwh}$$

Tabel 2 Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik

NO	Putaran Mesin	Konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc)	
		Mesin K3-VE	Mesin K3-DE
1	1500	384.636	278.758
2	2000	199.447	182.366
3	2500	144.369	149.328
4	3000	128.584	120.151
5	3500	109.957	102.302
6	4000	94.290	82.351
7	4500	80.181	72.163
8	5000	76.608	68.700
9	5500	69.118	68.519
10	6000	69.311	63.016
11	6500	64.022	45.222
12	7000	49.953	41.626



Gambar 6 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar mesin K3-DE dan K3-VE

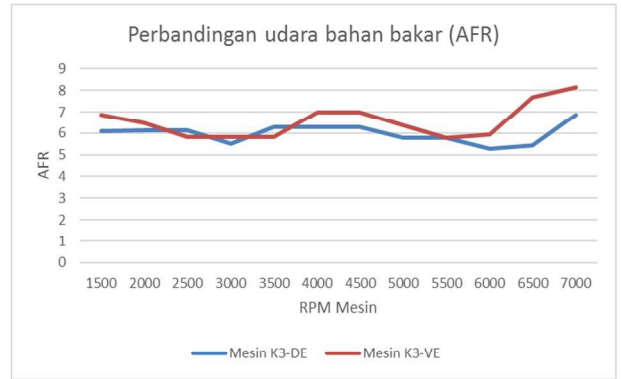
4.3 Rasio Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR)

$$AFR = \frac{m_a}{m_f}$$

$$AFR = \frac{33,747}{5,847} = 5,772$$

Tabel 3 Hasil perhitungan Perbandingan Udara dan Bahan Bakar (AFR)

NO	Putaran Mesin	Perbandingan udara bahan bakar (AFR)	
		Mesin K3-DE	Mesin K3-VE
1	1500	6.099	6.861
2	2000	6.125	6.457
3	2500	6.125	5.802
4	3000	5.512	5.802
5	3500	6.271	5.802
6	4000	6.271	6.968
7	4500	6.271	6.968
8	5000	5.766	6.343
9	5500	5.766	5.766
10	6000	5.286	5.928
11	6500	5.434	7.671
12	7000	6.864	8.151



Gambar 7 Grafik Perbandingan Udara Bahan Bakar mesin K3-DE dan K3-VE

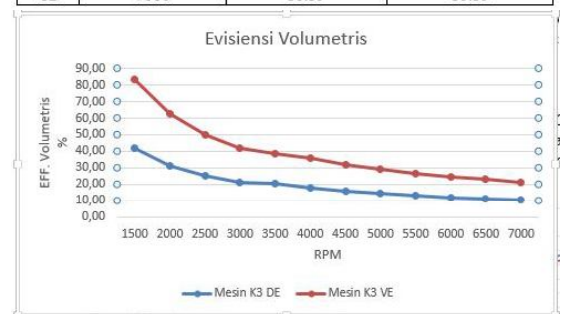
4.4 Efisiensi Volumetris

$$\eta_v = \frac{2 \cdot m_a}{60 \cdot n} \cdot \frac{1}{\rho_a \cdot V_1} \times 100\%$$

$$\eta_a = \frac{2 \cdot 33,747}{60 \cdot 5500} \cdot \frac{1}{1,2 \cdot 1,3 \times 10^{-3}} \times 100\% = 13.110 \%$$

Tabel 4 Hasil perhitungan efisiensi volumetris mesin

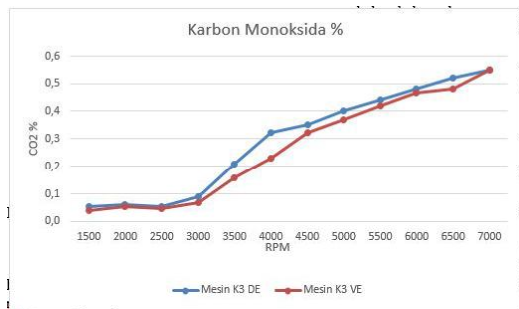
NO	Putaran Mesin	Efisiensi Volumetris Mesin %	
		K3 DE	K3 VE
1	1500	41.60	41.60
2	2000	31.34	31.20
3	2500	25.07	25.07
4	3000	20.89	20.89
5	3500	20.37	17.91
6	4000	17.83	17.83
7	4500	15.84	15.84
8	5000	14.42	14.42
9	5500	13.11	13.11
10	6000	12.02	12.36
11	6500	11.41	11.41
12	7000	10.59	10.59



Gambar 8 Grafik Perbandingan Udara Bahan Bakar mesin K3-DE dan K3-VE

Pengujian Emisi Gas Buang

- Kadar karbon monoksida (CO) dalam gas buang
Perbandingan karbon monoksida (CO) yang terdapat dalam gas buang dari masing-masing pengujian dapat dilihat pada grafik berikut :

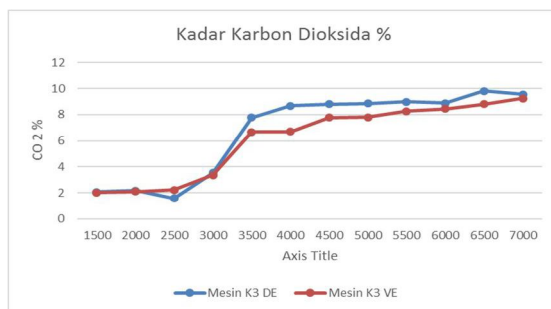


Gambar 9 Grafik Perbandingan Kandungan Karbon Monoksida mesin K3-DE dan K3-VE

Kadar CO tertinggi terjadi pada mesin K3 DE sebesar 0.550 % pada putaran 700 rpm. Sedangkan pada mesin K3 VE sebesar 0.500 % pada putaran 5500 rpm. Emisi gas buang karbon monoksida terjadi karena kekurangan oksigen sehingga proses pembakaran berlangsung secara tidak sempurna. Akibatnya membentuk gas CO. Emisi gas CO meningkat seiring meningkatnya putaran mesin.

2. Kadar Karbon Dioksida (CO_2) dalam gas buang

Data hasil pengukuran kadar CO_2 dari emisi gas buang pembakaran bahan bakar premium. Melalui pembacaan star gas sebagai berikut :



Gambar 10 Grafik Data Pengujian Karbon Dioksida mesin K3-DE dan K3-VE

Karbon dan oksigen bergabung membentuk senyawa karbon (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO_2) sebagai hasil pembakaran sempurna. Bila campuran bahan bakar udara sempurna, maka akan menghasilkan senyawa (CO_2).

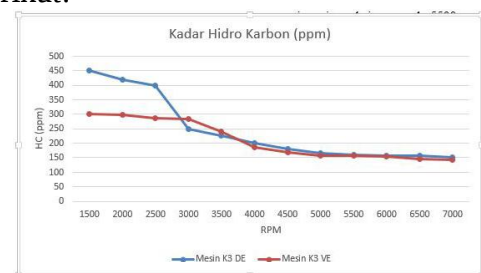
Proses pencampuran udara bahan bakar dimulai dari diinjeksikannya bahan bakar kedalam silinder, kemudian butiran bahan bakar akan menguap dan bercampur dengan

udara, proses ini dipengaruhi oleh volatility bahan bakar. Volatility bahan bakar menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk dapat menguap.

3. Kadar hidro karbon (HC) dari gas buang pembakaran bahan bakar

Data hasil pengukuran kadar HC dari emisi gas buang pembakaran premium. Menggunakan star gas analyzer adalah sebagai berikut :

Perbandingan kadar HC yang terdapat dalam gas buang masing-masing sampel pengujian dapat dilihat pada gambar berikut:

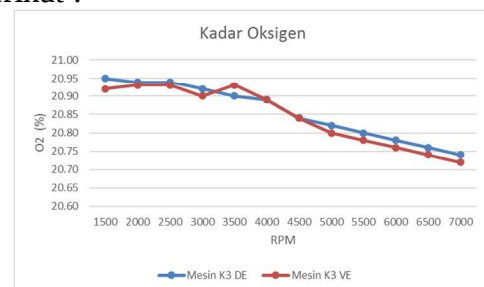


Gambar 11 Grafik Perbandingan Kadar Hidrokarbon mesin K3-DE dan K3-VE

4. Kadar oksigen (O_2) dari gas buang

Data hasil pengukuran kadar O_2 dari emisi gas buang pembakaran bahan bakar premium, melalui pembacaan star gas analyzer adalah sebagai berikut :

Perbandingan kadar O_2 yang terdapat dalam gas buang masing-masing sampel pengujian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 12 Grafik Perbandingan Kadar Oksigen mesin K3-DE dan K3-VE

Proses pembakaran pada motor bensin berlangsung pada campuran udara bahan bakar yang kaya atau udara lebih yang bertujuan untuk menjamin kelangsungan proses pembakaran, sehingga dalam gas buang hasil pembakaran masih mengandung O_2 .

V. SIMPULAN

1. Dari data pengujian menunjukkan bahwa Mesin K3-VE lebih unggul dalam torsi mesin dari pada mesin K3-DE. Mesin K3-VE mampu mencapai torsi mesin maksimum pada 5500 rpm sebesar 148,4 N.m, sedangkan mesin K3-DE mampu mencapai torsi maksimum pada rpm 5500 sebesar 147,1 N.m. Pada mesin K3-VE dilengkapi dengan sistem pengaturan waktu buka dan tutup katup masuk yang memberikan campuran udara dan bahan bakar yang lebih tepat sesuai dengan beban dan kondisi penggunaan. Sehingga mampu memberikan torsi yang optimal.
2. Dari data pengujian menunjukkan bahwa mesin K3-VE lebih unggul dalam daya mesin dari pada mesin K3-DE. Mesin K3-VE mampu mencapai daya mesin sebesar 85,42 Kw pada rpm 5500, sedangkan mesin K3-DE mampu mencapai daya mesin sebesar 84,68 Kw pada rpm 5500. Mesin K3-VE yang dilengkapi dengan sistem pengaturan waktu buka tutup katup masuk juga dilengkapi dengan sistem pengapian langsung yang ditempatkan pada masing-masing silinder sehingga memberikan pengapian yang lebih tepat dan menghasilkan daya yang optimal.
3. Dari data pengujian menunjukkan bahwa mesin K3-VE lebih unggul dalam konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 69.118 sedangkan mesin K3-DE sebesar 68.519 pada rpm 5500. Mesin K3-VE yang dilengkapi dengan sistem pengaturan waktu buka tutup katup masuk terdapat *Positive Crank Ventilation* yang membakar kembali *blow by gas* yang dihasilkan mesin. Sehingga memberikan efisiensi bahan bakar yang optimal.
4. Dari data pengujian menunjukkan bahwa mesin K3-VE lebih unggul dalam menghasilkan emisi gas buang yang ramah terhadap lingkungan karena dilengkapi *tree way catalytic converter*

sehingga gas buang yang dihasilkan lebih ramah terhadap lingkungan.

5. Dari semua data pengujian mesin K3-VE lebih unggul dari mesin K3-DE. Sehingga dengan adanya penerapan teknologi menjadikan mesin K3-VE lebih unggul dari mesin K3-DE.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, Wiranto. 1998. Penggerak Mula Motor Bakar Torak. Edisi Kelima, Bandung. Penerbit ITB.
2. Crouse, William. H. 1976. *Automotive Mechanics*, Seventh Edition. McGrouw-Hill Book Company.
3. *Manual Book of Toyota Avanza*, Toyota Astar Motor, 2010.
4. Maleev, V.L.1985. *Internal Combustion Engine*. McGrouw-Hill Book Company.
5. Pohan, Nurhasmawaty. 2004. Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup.
6. TEAM 21 *Diagnosis Engine*. Toyota Astra Motor. 2010.