

PENGARUH PENGGUNAAN SISTEM *EXHAUST GAS RECIRCULATION* TERHADAP PERFORMA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH

Ellyanie^{1*}, D Puspitasari¹, Astuti¹, M.R. Tolusha¹

¹Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Corresponding author : ellyanie@unsri.ac.id

Sistem *Exhaust Gas Recirculation* (EGR) biasanya digunakan pada motor diesel untuk menurunkan emisi NOx. Dengan berkembangnya teknologi energi dan permasalahan lingkungan, EGR dapat juga digunakan pada motor bensin dengan cara mengalirkan sebagian gas buang ke dalam ruang bakar melalui *intake manifold*. Gas buang yang diresirkulasikan pada motor bensin, selain dapat menurunkan emisi NOx juga dapat meningkatkan performa motor. Pengujian dilakukan pada sepeda motor 4 langkah dengan penyalaan busi dengan menggunakan bukaan katup EGR 100%, 50%, dan tanpa EGR. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan EGR terhadap performa mesin. Pengujian dilakukan pada putaran dan beban bervariasi, dengan mengatur beban menggunakan alat ukur *dynamometer prony brake*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan EGR dengan bukaan katup 100% menghasilkan daya (3141,94 Watt) dan efisiensi termal (44,85 %) yang lebih besar dibandingkan dengan tanpa EGR, serta menghasilkan bsfc (0.181 kg/kW.jam) lebih rendah dibandingkan dengan tanpa EGR.

Kata Kunci: EGR, Daya, Performa motor, *Dynamometer Prony Brake*.

The Exhaust Gas Recirculation (EGR) system is usually used in diesel motors to reduce NOx emissions. With the development of energy technology and environmental problems, EGR can also be used on gasoline engines by channeling some of the exhaust gas into the combustion chamber through the intake manifold. The exhaust gas that is recirculated in the gasoline engines, in addition to reducing NOx emissions, can also improve motor performance. The experiment was carried out on a 4-stroke motorcycle with spark plug ignition using 100%, 50% EGR valve openings, and no EGR. This study aims to determine the effect of using EGR on engine performance. The experiments are carried out at various rotations and loads, by adjusting the load using a prony brake dynamometer. The results showed that the use of EGR with 100% valve opening resulted in greater power (3141.94 Watts) and thermal efficiency (44.85%) than no EGR, and resulted in lower bsfc (0.181 kg / kW.h) than no EGR

Keywords: EGR, Power, Motor performance, *Prony Brake Dynamometer*.

PENDAHULUAN

Pada motor bakar torak, pembakaran merupakan salah satu bagian terpenting dari siklus yang terjadi. Pembakaran merupakan reaksi kimia dimana bahan bakar bereaksi secara cepat dengan oksigen dan menghasilkan energi kalor yang di konversikan menjadi energi mekanik, sisa gas buang yang dihasilkan pada umumnya langsung di buang melalui knalpot ke udara bebas.

Sistem *Exhaust Gas Recirculation* (EGR) biasanya digunakan pada motor diesel untuk menurunkan emisi NOx. Dengan berkembangnya teknologi energi dan

permasalahan lingkungan, EGR dapat juga digunakan pada motor bensin. Gas buang yang diresirkulasikan pada motor bensin, selain dapat menurunkan emisi NOx juga dapat meningkatkan performa motor. Penggunaan resirkulator gas buang menunjukkan adanya peningkatan performa mesin berupa torsi dan daya mesin masing-masing 3,7 % dan 10 % (Adi *et al*, 2017). Mesin yang menggunakan EGR, dimana gas buang bertemperatur tinggi diresirkulasikan langsung ke *intake manifold*, temperatur gas buang yang tinggi untuk memanaskan *intake manifold* maka meningkatkan pembakaran

sehingga efisiensi termal meningkat (Haiqiao et al, 2012).

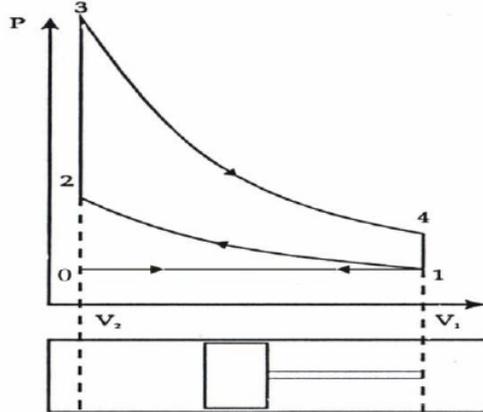
Motor Bensin

Motor bensin adalah mesin kalor yang mengubah energi *thermal* menjadi energi mekanik biasanya melalui putaran keluaran poros (Pulkrabek W.W). Motor bensin menggunakan percikan bunga api listrik dari busi untuk memulai proses pembakaran. Oleh sebab itu motor bensin sering dikenal dengan sebutan *spark ignition engine*.

Udara dan bensin dicampur di dalam karburator. Campuran bensin dan udara masuk ke dalam ruang bakar pada langkah isap dan dikompresi. Percikan bunga api dari busi akan menyalakan campuran bensin dan udara yang akan menghasilkan energi kalor. Energi kalor ini akan mendorong torak yang dihubungkan dengan *connecting rod* sehingga akan memutar poros. Siklus kerja didalam silinder mesin dimulai dari pemasukan campuran udara dan bensin ke dalam silinder, kompresi, pembakaran dan pengeluaran gas sisa hasil pembakaran dari dalam silinder. .

Motor Bensin Empat Langkah

Motor bensin empat langkah untuk melakukan satu siklus kerja memerlukan empat gerakan piston dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB) atau dua kali putaran poros engkol. Gambar 1 menunjukkan diagram siklus Ideal Motor Bakar 4 langkah



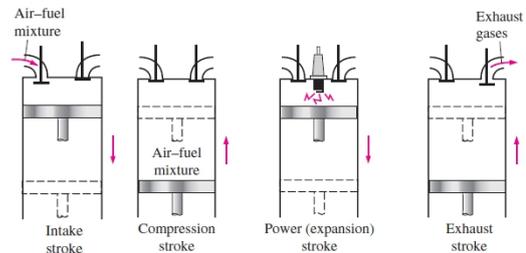
Gambar 1 Diagram p-V siklus ideal motor bakar 4 langkah (Arismunandar W, 1994)

Motor bensin 4 langkah dalam satu siklus kerja terdapat empat tahap, yaitu langkah isap, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah

buang. Langkah- langkah tersebut adalah sebagai berikut :

1. Langkah hisap. Pada langkah ini, torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Katup hisap terbuka dan katup buang tertutup. Akibatnya, akan terjadi kevakuman di dalam ruang bakar yang menyebabkan campuran udara-bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar.
2. Langkah kompresi. Torak bergerak dari TMB ke TMA, katup hisap dan katup buang tertutup. Campuran udara-bahan bakar akan tertekan dan di mampatkan di dalam ruang bakar, sehingga tekanan dan temperatur di dalam ruang bakar meningkat.
3. Langkah kerja. Katup hisap dan katup buang masih tertutup. Sesaat sebelum piston mencapai TMA busi memercikan bunga api listrik ke dalam ruang bakar. Sehingga campuran udara-bahan bakar yang sudah di mampatkan akan terbakar dan akan mendorong torak bergerak bergerak dari TMA ke TMB.
4. Langkah buang. Setelah torak mencapai TMB poros engkol menggerakkan torak ke TMA, volume ruang bakar mengecil. Katup hisap tertutup dan katup buang terbuka. Torak menekan gas sisa pembakaran keluar silinder.
- 5.

Gambar 2 menunjukkan siklus kerja motor 4 Tak.



Gambar 2 Siklus kerja motor 4 Tak (A. Cengel and A. Boles, 2006)

Sistem Exhaust Gas Recirculation

Sistem *Exhaust Gas Recirculation* (EGR) digunakan untuk menurunkan kandungan polutan NO_x pada motor bakar torak. Prinsip kerja sistem resirkulasi gas buang ini dilakukan dengan cara mengalirkan sebagian kecil gas buang dari *exhaust manifold* ke *intake manifold*. Gas sisa pembakaran yang dimasukkan kembali ke ruang bakar akan menurunkan emisi NO_x. Namun jumlah gas buang yang di masukan kembali ke ruang bakar perlu diatur agar proporsinya sesuai, sebab jika terlalu banyak memasukan gas buang ke dalam ruang bakar akan berakibat menurunnya performa mesin, biasanya jumlah gas buang maksimal yang dapat resirkulasi kedalam ruang

bakar adalah 30% dari total gas yang masuk pada *intake manifold* (Novidwinanto *et al*, 2003)

Performa Motor Bakar

Performa motor bakar merupakan parameter untuk mengetahui unjuk kerja suatu atau prestasi motor bakar. Adapun parameter-parameter performa motor bakar adalah sebagai berikut :

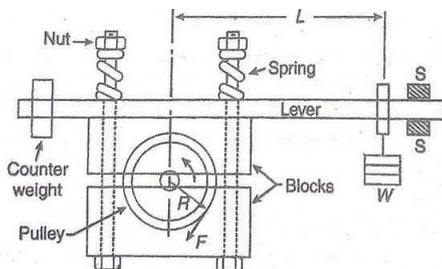
Torsi

Torsi dapat diukur dengan menggunakan dinamometer *prony brake* (Gambar 3), dimana cara kerjanya adalah dengan melawan momen torsi yang dihasilkan dengan gaya pengereman. Besar gaya pengereman dapat diukur dengan menambahkan lengan, kemudian gaya pada ujung lengan diukur dengan pembebanan. Persamaan torsi didapat dari beban (W) dikali panjang lengan (L) (Persamaan 1)

$$T = W \times L \quad (1)$$

dimana :

- T = Torsi (Nm)
- W = Gaya Yang Diberikan (N)
- L = Panjang lengan (m)



Gambar 3 Dinamometer *prony brake* (H.N. Gupta 2006)

Daya

Daya merupakan kerja atau energi yang di hasilkan mesin per satuan waktu. Daya yang diberikan oleh motor dan diserap oleh dinamometer adalah hasil kali antara kecepatan sudut dan torsi (Kristanto *et al*, 2015) :

$$P = \frac{2 \pi \cdot n \cdot T}{60 \cdot 1000} \quad (2)$$

Dimana :

- P = daya poros (kW)
- T = torsi (Nm)
- n = putaran poros (rpm)

Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (bsfc)

Pemakaian bahan bakar spesifik spesifik (*Brake Specific Fuel Consumption*, bsfc) merupakan parameter performansi mesin yang menyatakan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya dalam waktu tertentu.

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{P} \quad (3)$$

dimana :

- bsfc = pemakaian bahan bakar spesifik (kg/W.s)
- \dot{m}_f = laju aliran massa bahan bakar (kg/s)
- P = daya poros (W)

Efisiensi Termal

Efisiensi termal didefinisikan sebagai perbandingan antara daya poros terhadap energi yang masuk. Karena energi yang masuk adalah energi kalor dari proses pembakaran bahan bakar, maka efisiensi didefinisikan sebagai berikut :

$$\eta_{th} = \frac{P \cdot 3600}{\dot{m}_f \cdot LHV} \times 100\% \quad (4)$$

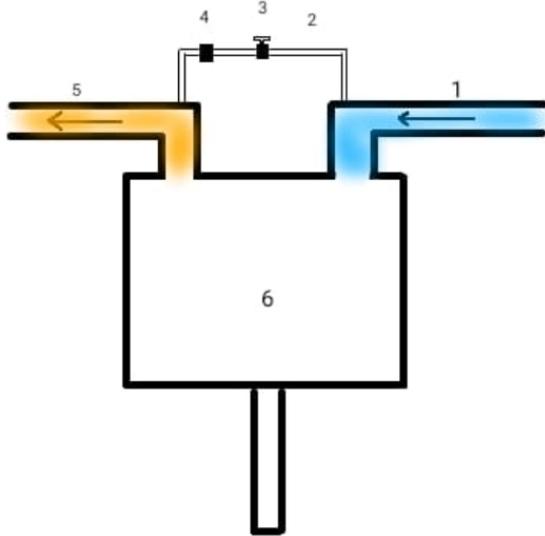
dimana :

- η_{th} = Efisiensi Termal (%)
- LHV = Nilai Kalor Bawah Bahan Bakar (kJ/kg)
- \dot{m}_f = Laju Aliran Bahan Bakar (kg/s)
- P = Daya (kW)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen terhadap sepeda motor 4 langkah dengan bahan bakar bensin yang dilengkapi dengan menggunakan sistem *Exhaust Gas Recirculation* (EGR) dengan bukaan katup $\frac{1}{2}$, dan penuh dan tanpa EGR. Pengukuran beban motor menggunakan dinamometer *prony brake* sehingga akan didapatkan torsi dan daya motor. Masing-masing pengujian dilakukan dengan variasi putaran dan variasi beban dengan mengatur beban 0,4 kg, 0,6 kg, 0,8 kg, 1 kg, dan 1,2 kg. Beban akan diatur dengan menggunakan dinamometer *prony brake*. Putaran motor diukur dengan alat ukur tachometer. Konsumsi bahan bakar diketahui dengan menentukan jumlah bahan yang dibutuhkan dalam satuan volume (5 ml) yang menggunakan tabung ukur kemudian mencatat rentang waktu. menggunakan *stopwatch*. Bahan bakar yang dipakai pada saat pengujian ini menggunakan pertalite.

Gambar skema *exhaust gas recirculation* dapat dilihat pada gambar 3

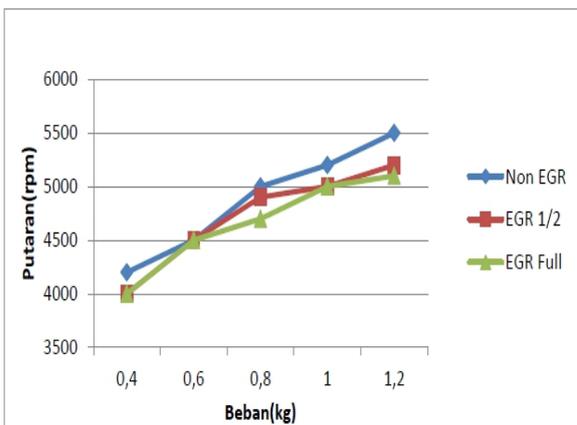


Gambar 4. Sistem Exhaust Gas Recirculation (EGR): (1) Intake manifold, (2) Pipa rubber, (3) Katup satu arah, (4) Filter, (5) Exhaust manifold, (6) Ruang bakar.

Sistem Exhaust Gas Recirculation (EGR) disini dibuat dengan cara membuat lubang pada bagian exhaust manifold (5) dan pada intake manifold (1) yang dihubungkan dengan pipa rubber (2). Diantara exhaust manifold menuju intake manifold ada katup satu arah (3) yang berfungsi untuk mengalirkan sebagian gas buang ke intake manifold dan mencegah masuknya campuran bahan bakar dan udara ke exhaust manifold. Filter (4) dipasang diantara exhaust manifold dan katup satu arah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

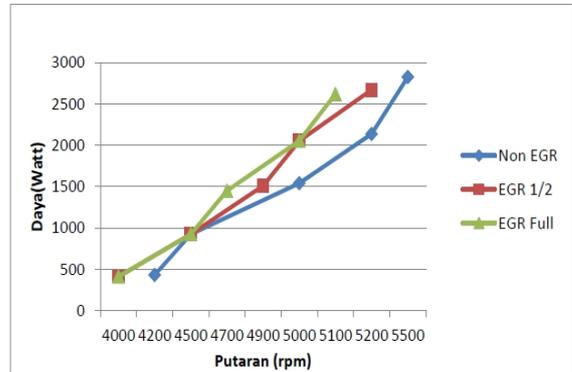
Daya



Gambar 5. Grafik hubungan beban terhadap putaran

Gambar 5. menunjukkan grafik hubungan beban terhadap putaran motor, semakin

besar beban motor maka semakin besar pula putaran yang dibutuhkan untuk mengangkat beban tersebut. Pada grafik dapat dilihat bahwa pada beban yang sama, motor yang dilengkapi EGR membutuhkan putaran yang lebih rendah dibandingkan dengan tanpa EGR, yang putaran paling rendah pada bukaan 100 % .

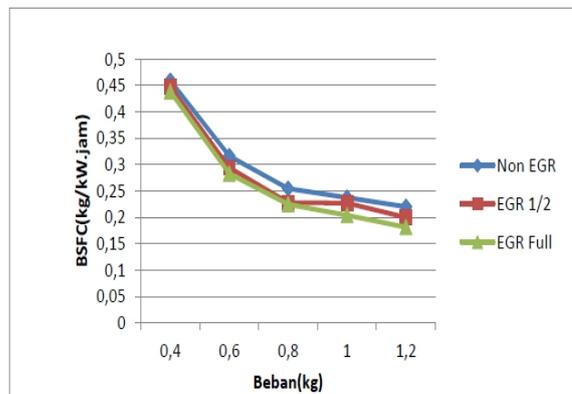


Gambar 6 Grafik hubungan putaran terhadap daya

Grafik hubungan putaran terhadap daya motor dapat dilihat pada gambar 6, semakin tinggi putaran motor maka daya yang dihasilkan akan semakin tinggi juga. Penggunaan EGR dapat meningkatkan daya dan yang paling besar pada bukaan katup 100% sebesar 3141,94 Watt.

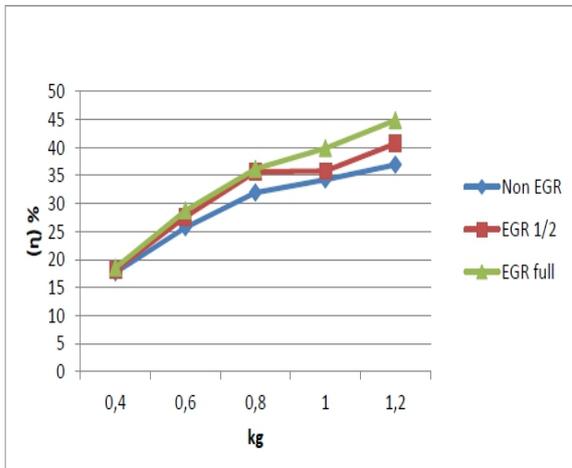
Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

Gambar 7 menunjukkan grafik hubungan beban terhadap bsfc pada putaran bervariasi, semakin besar beban juga putaran meningkat maka konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan akan semakin rendah. Motor yang dilengkapi EGR menghasilkan konsumsi bahan bakar spesifik yang lebih rendah dibandingkan dengan tanpa EGR. Bsfk paling rendah pada bukaan katup 100 % (0.181 kg/kW.jam) pada beban 1,2 kg dan putaran 5100 rpm.



Gambar 7. Grafik hubungan beban terhadap bsfc.

Efisiensi Termal



Gambar 8. Grafik hubungan beban terhadap efisiensi termal

Gambar 8 menunjukkan grafik hubungan beban terhadap efisiensi termal pada putaran bervariasi, motor yang dilengkapi dengan EGR menghasilkan efisiensi termal lebih besar dibandingkan dengan tanpa EGR. Hal ini disebabkan sebagian gas buang dari *exhaust manifold* yang mempunyai temperatur tinggi dimasukkan kembali ke *intake manifold*, sehingga gas tersebut akan memanaskan *intake manifold* dan meningkatkan pembakaran maka efisiensi menjadi meningkat. Efisiensi paling besar terjadi pada bukaan 100 % beban 1,2 kg putaran 5100 rpm sebesar 44,85 %.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan :

1. Pada beban yang sama, motor yang dilengkapi EGR membutuhkan putaran yang lebih rendah dibandingkan dengan tanpa EGR, putaran paling rendah terjadi pada bukaan 100 %
2. Penggunaan EGR dapat meningkatkan daya dibandingkan dengan tanpa EGR dan daya paling besar pada bukaan katup 100% sebesar 3141,94 Watt.
3. Motor yang dilengkapi EGR menghasilkan konsumsi bahan bakar spesifik (bsfc) yang lebih rendah dibandingkan dengan tanpa EGR, paling rendah pada bukaan katup 100 % sebesar 0.181 kg/kW.jam.
4. Motor yang dilengkapi dengan EGR menghasilkan efisiensi termal lebih besar dibandingkan dengan tanpa EGR, paling besar pada bukaan katup 100 % sebesar 44,85 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan bantuan dana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

A. Cengel, Y., and A. Boles, M., (2006). *Thermodynamics An Engineering Approach*, 5th ed. McGraw Hill, New York.

Adi, I. K., & Budiartana, I. N. (2017). Pengaruh Penggunaan Resirkulator Gas Buang Pada Knalpot Standar, Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor Yamaha Mio j. *Jurnal Logic*, 17(1), 44–48.

Arismunandar W (1994). *Motor Bakar Torak*, Penerbit ITB, Bandung.

Gupta. HN., (2009), *Fundamentals of Internal Combustion Engine*, PHI Learning Private Limited, New Delhi

Haiqiao Wei, Tianyu Zhu, Gequn Shu, Linlin Tan, Yuesen Wang. (2012). Gasoline engine exhaust gas recirculation. *Journal Elsevier, Applied Energy*.

Kristanto, Philip.(2015). *Motor Bakar Torak (Teori dan Aplikasinya)*. Edisi 1. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.

Novidwinanto, P. B, (2003). Pengaruh Resirkulasi Gas Buang (EGR) Pada Mesin Bensin Satu Silinder Empat Langkah. (Tinjauan Emisi Gas Buang). (n.d.). 20241455.

Pulkrabek, W.W., n.d. *Enginnering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. Prentice Hall, New Jersey