

Studi Eksperimen Variasi Tekanan Bahan Bakar Terhadap Emisi pada Mesin EFI

Haryadi Nurrohman¹, Beni Susanto¹, Noto Widodo^{1,2*}

¹Program Studi Mesin Otomotif, Universitas Muhammadiyah Magelang

²Unimma Autocare, Universitas Muhammadiyah Magelang

*Email: noto_widodo@ummg.ac.id

doi: <https://doi.org/10.31603/ae.v1i01.2003>

Dipublikasikan oleh Laboratorium Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Magelang dan Association of Indonesian Vocational Educators (AIVE)

Article Info

Submitted:

10/04/2018

Revised:

16/04/2018

Accepted:

20/04/2018

Abstrak

Masalah klasik pada mesin-mesin EFI lama adalah emisi CO dan HC yang cenderung tinggi. Sementara, jika pembakaran diatur dalam campuran miskin (*lean mixture*), torsi mesin terbaik tidak diperoleh. Untuk itu, artikel ini menyajikan studi eksperimen tentang variasi tekanan bahan bakar dalam *fuel rail*. Untuk mengatur tekanan, sebuah *adjustable pressure regulator* diterapkan untuk membuat tekanan awal 1,8 sampai 2,6 Kg/cm² dengan interval 0,2. Hasilnya, emisi CO dan HC meningkat sesuai dengan peningkatan tekanan bahan bakar. Namun demikian, aplikasi *adjustable pressure regulator* pada mesin EFI memberikan solusi untuk melakukan pengaturan performa dan emisi dengan cara yang sederhana.

Key words: Mesin EFI, *Pressure regulator*, Tekanan bahan bakar, Emisi.

1. Pendahuluan

Proses pembakaran pada mesin bensin menghasilkan produk emisi yang terdiri dari CO₂, HC, CO, H₂O, dan Nox. Diantara gas-gas yang keluar tersebut, yang paling berbahaya adalah CO (karbon monoksida) dan HC (hidrokarbon) [1]–[3]. Emisi beracun dari sektor transportasi darat telah menurunkan kualitas udara dan mempengaruhi kesehatan, terutama di kota-kota besar [4].

Pembakaran dalam sebuah mesin ada dua macam, yaitu pembakaran sempurna dan tidak sempurna. Perkembangan teknologi pencampuran dari karburator menjadi *Electronic Fuel Injection* (EFI) telah menyumbangkan pengurangan emisi secara signifikan, seperti yang dilaporkan oleh Widodo [5]. Pencemaran lingkungan diestimasikan berkurang 24,06 % untuk parameter hidrokarbon (HC) dan

berkurang 46,74 % untuk parameter karbon monoksida (CO) apabila menggunakan sistem EFI. Keunggulan mesin EFI ini merupakan perbaikan dari beberapa hal dan karena fitur-fitur tambahan yang tidak dimiliki mesin karburator, diantaranya [6]:

- *Manifold Absolute Pressure Sensor* (MAP) untuk menghitung volume udara yang masuk ke silinder;
- *Lambda sensor* digunakan menghitung jumlah oksigen yang tersisa dari mesin. ECU kemudian dapat menentukan apakah mesin sudah terlalu banyak bahan bakar atau terlalu sedikit bahan bakar;
- *Crankshaft position sensor* untuk menghitung kecepatan mesin;
- *Camshaft position sensor* untuk menghitung silinder mana yang membutuhkan injeksi bahan bakar;

- *Throttle position and Accelerator position sensors* untuk menghitung kebutuhan pengemudi. Tidak ada lagi hubungan mekanis antara akselerator dan *throttle*, karena itu ECU harus menghitung seberapa lebar untuk membuka *throttle* dari inputan ini;
- *Coolant temperature sensor* digunakan untuk menyesuaikan kuantitas bahan bakar saat mesin dingin;
- Pompa bahan bakar untuk mengirimkan bahan bakar dari tangki ke rel bahan bakar; dan
- *Pressure regulator* mempertahankan tekanan bahan bakar pada *fuel rail*.

Namun demikian, meskipun mesin dengan teknologi EFI memiliki dampak lingkungan yang lebih baik daripada teknologi karburator, emisi yang dihasilkan masih relatif tinggi dibandingkan dengan kendaraan hibrida yang berkembang saat ini. Banyak faktor yang mempengaruhi tingginya emisi, namun pembakaran yang berlangsung secara tidak sempurna menjadi salah satu penyebabnya [7], [8]. Dimana, ada sebagian molekul bahan bakar (*hydrocarbon*) yang tidak bereaksi dengan oksigen selama proses pembakaran.

Bertahun-tahun, para peneliti telah melakukan studi dan uji coba untuk menurunkan kadar emisi tanpa mengorbankan torsi dan daya yang dihasilkan mesin. Semua aspek yang berpengaruh terhadap emisi dan performa telah diperbaiki oleh produsen, seperti perbaikan bentuk ruang bakar, *multi-port injection system*, aplikasi *Engine Gas Recirculation*, dan sebagainya. Para peneliti juga terus melakukan inovasi, termasuk pemanfaatan bahan bakar alternatif yang bisa diperbarui [9]–[11], sementara sebagian lagi fokus untuk mengembangkan bahan bakar alternatif berbasis fosil seperti LPG [12]–[15].

Pada mesin EFI, tekanan bahan bakar di dalam *fuel rail* dapat mempengaruhi proses pembakaran dan emisi. Seperti diketahui, tekanan bahan bakar standar pada *fuel rail* bisa bervariasi, namun umumnya berkisar 275 – 310 kPa [16], [17]. Dengan durasi injeksi yang sama, volume bahan bakar yang diinjeksikan akan berbeda jika tekanan bahan bakar berubah. Ketika tekanan bahan bakar di tambah, maka

volume injeksi akan semakin banyak. Hasilnya, campuran bahan bakar dan udara akan cenderung semakin kaya (*rich mixture*). Sebaliknya, jika tekanan bahan bakarnya diperkecil maka volume bahan bakar yang diinjeksikan cenderung semakin sedikit, yang membentuk campuran yang miskin (*lean mixture*).

Sebuah studi tentang tekanan bahan bakar pada mesin EFI pernah dilakukan oleh Pane et al. dengan memvariasikan tegangan listrik pompa bahan bakar pada 9V, 10V, 11V dan 12V yang diaplikasikan pada putaran mesin 800, 1500 dan 3000 rpm untuk masing-masing tegangan pompa bahan bakar pada satu jenis mobil yang sama [18]. Objek penelitian ini adalah mobil Toyota Avanza 1,3 G M/T. Dalam simpulan penelitiannya, tegangan pompa bahan bakar 11 V memberikan kualitas emisi CO dan HC yang paling baik dibandingkan dengan tegangan 12 V, 10 V, dan 9 V.

Namun demikian, dalam studi Pane et al. tidak menyajikan korelasi antara tegangan yang disuplai ke pompa bahan bakar dengan tekanan bahan bakar dalam *fuel rail*. Sementara itu, volume injeksi salah satunya dipengaruhi oleh tekanan bahan bakar. Untuk itu, artikel ini menyajikan hasil investigasi variasi tekanan bahan bakar terhadap karakteristik emisi CO dan HC.

2. Metode

2.1. Kendaraan Uji

Studi ini dilakukan pada mesin Toyota 5A-FE dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi mesin

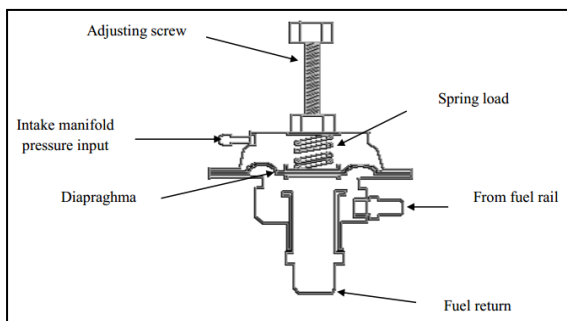
Produsen mesin	: Toyota
Kode mesin	: 5A-FE
Jumlah silinder	: Inline 4
Kapasitas	: 1498 cc
Diameter x langkah	: 78.7 × 77 mm
Mekanisme katup	: DOHC, 4 katup per silinder
Daya maksimum	: 77 kw @ 6000 rpm
Torsi maksimum	: 135 Nm @ 4800 rpm
Rasio kompresi	: 9.8:1
Sistem bahan bakar	: EFI

2.2. Pressure Regulator

Pressure regulator yang digunakan dalam studi ini adalah jenis yang bisa diatur tekanannya (*adjustable pressure regulator*), seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1 dan Gambar 2, secara berurutan.



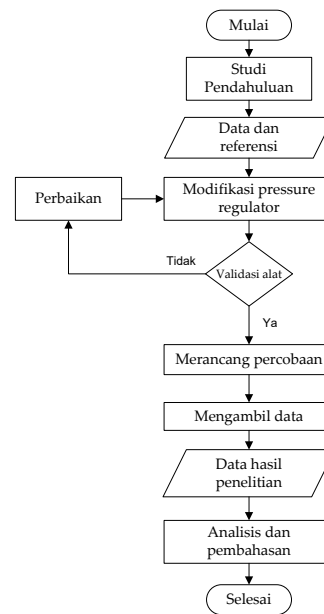
Gambar 1. Bentuk fisik *pressure regulator* yang dapat diatur



Gambar 2. Sketsa *pressure regulator* yang dapat diatur

2.3. Metode pengujian

Dalam studi ini, tekanan bahan bakar divariasikan antara 1,8 sampai 2,6 Kg/cm². Pengujian dilakukan pada putaran stasioner dengan durasi injeksi konstan pada 1,9 ms yang dibaca dari *engine scanner*. Saat pengapian selama pengujian ditetapkan pada 10°BTDC. Pengujian emisi dilakukan dengan *Engine Gas Analyzer Q-Rotech*. *Flow chart* pengambilan data disajikan dalam Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. *Flow chart* penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

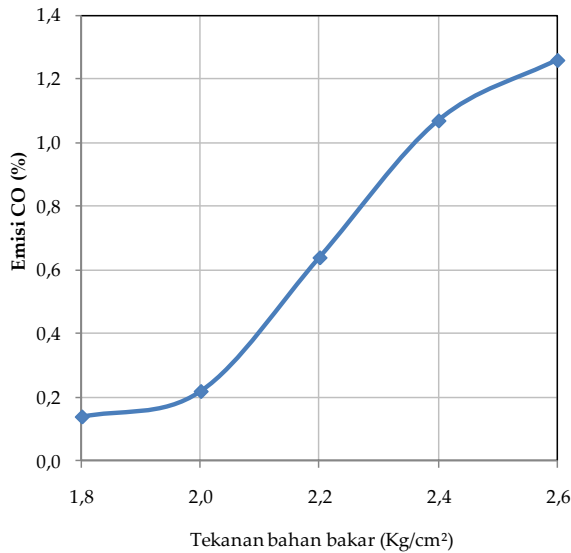
Tabel 2. Hasil uji emisi CO dan HC

No	Putaran mesin (rpm)	Durasi injeksi (ms)	Tekanan bahan bakar (kg/cm ²)	Parameter		
				CO (%)	HC (ppm)	Lambda (λ)
1	Stasioner(±825)	1,9	2,6	1,26	286,00	0,96
2	Stasioner(±825)	1,9	2,4	1,07	262,33	0,98
3	Stasioner(±825)	1,9	2,2	0,64	256,00	1,00
4	Stasioner(±825)	1,9	2,0	0,22	249,67	1,03
5	Stasioner(±825)	1,9	1,8	0,14	248,33	1,03

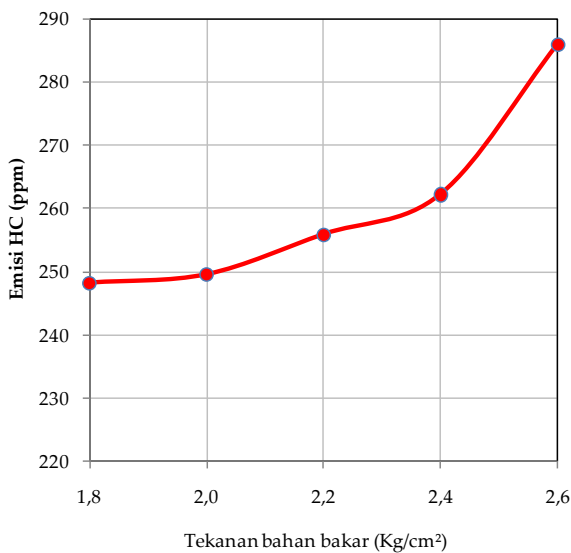
Dari Tabel 2 terlihat bahwa meningkatnya tekanan bahan bakar akan meningkatkan emisi

CO dan HC. Hasil pembakaran terbaik diperoleh pada tekanan bakar 2,2 Kg/cm², dengan nilai λ

sebesar 1,00 (AFR=14,7). Pada tekanan bahan bakar dibawah 2,2 kg/cm² emisi CO dan HC cenderung rendah dengan nilai λ lebih dari 1,00. Sebaliknya, pada tekanan bahan bakar diatas 2,2 kg/cm² emisi CO dan HC cenderung tinggi dengan nilai λ kurang dari 1,00. Trend peningkatan tekanan bahan bakar terhadap emisi CO dan HC disajikan dalam Gambar 4 dan Gambar 5 secara berurutan.



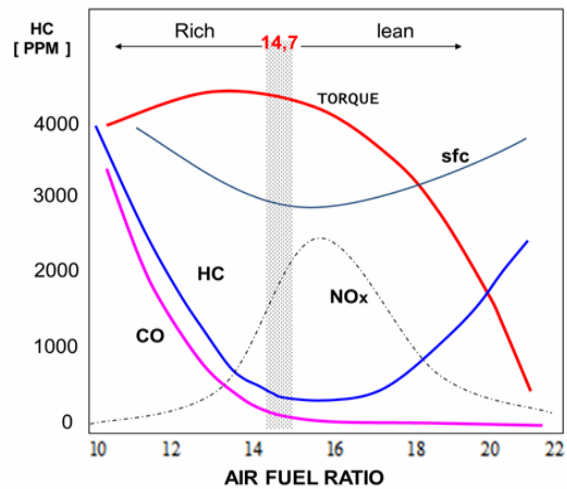
Gambar 4. Trend emisi CO



Gambar 5. Trend emisi HC

Pada kenyataannya, berdasarkan grafik pembakaran, emisi, dan torsi mesin bensin seperti ditunjukkan dalam Gambar 6, sebuah mesin tidak mampu untuk menunjukkan torsi yang optimal pada campuran miskin dan semua parameter emisi berada pada level yang lebih

rendah. Torsi maksimal akan diperoleh sedikit pada sisi kiri dari nilai $\lambda = 1$ (AFR=14,7). Sementara emisi dan konsumsi bahan bakar spesifik terbaik diperoleh pada sedikit sebelah kanan dari area $\lambda = 1$ (AFR=14,7).



Gambar 6. Diagram pembakaran mesin bensin [19]

Untuk itu, pemanfaatan *adjustable pressure regulator* seperti yang digunakan dalam studi ini bisa memberikan pilihan. Untuk keperluan torsi besar, tekanan bahan bakar dapat dinaikkan. Sebaliknya, untuk keperluan penghematan bahan bakar dan emisi yang rendah, tekanan bahan bakar dapat diturunkan.

4. Kesimpulan

Dari hasil eksperimen, diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Emisi CO dan HC meningkat seiring dengan peningkatan tekanan bahan bakar pada *fuel rail*. Ini mengindikasikan bahwa peningkatan tekanan bahan bakar berpengaruh terhadap peningkatan volume injeksi, meskipun dengan durasi injeksi yang sama.
2. Aplikasi *adjustable pressure regulator* dapat memberikan solusi baru yang lebih sederhana untuk mengatur torsi dan emisi mobil EFI sesuai dengan kebutuhan hanya dengan melakukan pengaturan tekanan bahan bakar tanpa melakukan intervensi pada sistem kelistrikan *Engine Management System* (EMS).

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Laboratorium Otomotif Universitas Muhammadiyah Magelang atas material dan fasilitas penelitian yang diberikan. Tidak lupa, ucapan terimakasih juga disampaikan kepada para reviewer yang telah membantu meningkatkan kualitas artikel ini.

Referensi

- [1] A. Jamrozik and W. Tutak, "A study of performance and emissions of SI engine with a two-stage combustion system," *Chemical and Process Engineering - Inzynieria Chemiczna i Procesowa*, vol. 32, no. 4, pp. 453–471, 2011.
- [2] A. K. Agarwal, D. K. Srivastava, A. Dhar, R. K. Maurya, P. C. Shukla, and A. P. Singh, "Effect of fuel injection timing and pressure on combustion, emissions and performance characteristics of a single cylinder diesel engine," *Fuel*, vol. 111, no. January 2014, pp. 374–383, 2013.
- [3] S. Sobhani, *Air Pollution from Gasoline Powered Vehicles and the Potential Benefits of Ethanol Blending*, no. October. United Nations Foundation, 2016.
- [4] R. . Colvile, E. . Hutchinson, J. . Mindell, and R. . Warren, "The transport sector as a source of air pollution," *Atmospheric Environment*, vol. 35, no. 9, pp. 1537–1565, Mar. 2001.
- [5] S. Widodo, "Kajian Perbedaan Kualitas Emisi Gas Buang Mobil Bensin yang Menggunakan Sistem Pembakaran Electronic Fuel Injection (Efi) dan yang Menggunakan Sistem Pembakaran Karburasi," Universitas Diponegoro, 2016.
- [6] N. Enright, "Basic principles of operation and applications of fuel injection systems in petrol - powered cars .," *Limerick Institute of Technology*. 2015.
- [7] W. J. Martin, "Using KELEA (Kinetic Energy Limiting Electrostatic Attraction) to Improve the Efficiency of Fuel Combustion," *Open Journal of Air Pollution*, vol. 06, no. 03, pp. 103–116, 2017.
- [8] E. Amaechi and O. J. Boro, "Effect of Heat Expansion in an Internal Combustion Automotive Engine," *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, vol. 5, no. 1, pp. 30–35, 2016.
- [9] A. Sonthalia, C. Rameshkumar, U. Sharma, A. Punganur, and S. Abbas, "Combustion and performance characteristics of a small spark ignition engine fuelled with HCNG," *Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 10, no. 4, pp. 404–419, 2015.
- [10] G. Satheeshkumar, "Analysis of Combustion and Emission Characteristics of SI Engine Powered with Diethyl Ether Blended Petrol as Fuel," *Global Research and Development Journal for Engineering*, no. July, pp. 48–53, 2016.
- [11] B. Waluyo, I. N. G. Wardana, L. Yuliati, and M. N. Sasongko, "The role of molecule cluster on the azeotrope and boiling points of isooctane-ethanol blend," *Fuel*, vol. 215, no. September 2017, pp. 178–186, 2018.
- [12] M. Setiyo, B. Waluyo, M. Husni, and D. W. Karmiadji, "Characteristics of 1500 CC LPG fueled engine at various of mixer venturi area applied on Tesla A-100 LPG vaporizer," *Jurnal Teknologi*, 2016.
- [13] M. Setiyo and S. Munahar, "AFR and fuel cut-off modeling of LPG-fueled engine based on engine, transmission, and brake system using fuzzy logic controller (FLC)," *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, vol. 8, pp. 50–59, 2017.
- [14] S. Munahar and M. Setiyo, "AFR Modeling of EFI Engine Based on Engine Dynamics, Vehicle Dynamics, and Transmission System," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 21–29, 2017.
- [15] B. C. Purnomo, W. Widodo, S. Munahar, M. Setiyo, and B. Waluyo, "Karakteristik Emisi Gas Buang Kendaraan Berbahan Bakar LPG untuk Mesin Bensin Singke Piston," in *The 6th URECOL*, 2017, pp. 7–12.
- [16] L. Precision Governors, *Manual for EFI Fuel Systems*, vol. 3, no. 2. Rockford: Precision Governors, LLC, 2003.
- [17] Kohler Co, *ECH630-ECH749, CH735, CH26*,

- CH745 *Service Manual*. KohlerEngines.com, 2015.
- [18] M. A. A. Pane, S. Wakhinuddin, D. S. Putra, and M. Nasir, "Pengaruh Tegangan Pompa Bahan Bakar Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang," *POLI REKAYASA*, vol. 12, pp. 53–62, 2016.
- [19] B. Waluyo, "Kaji Eksperimental Pengaruh Penambahan Elektroliser Pada Sistem Bahan Bakar Sepeda Motor Satu Silinder C100," *Momentum*, vol. 5, no. 1, pp. 30–40, 2009.