

## STUDI KARAKTERISTIK TEKANAN INJEKSI DAN WAKTU INJEKSI PADA *TWO STROKE GASOLINE DIRECT INJECTION ENGINE*

Darwin R.B Syaka<sup>1\*</sup>, Ragil Sukarno<sup>1</sup>, Mohammad Waritsu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta  
Gedung B, Kampus A, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta 13220

\*Email: drbsyaka@unj.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tekanan injeksi (*injection pressure*) dan waktu injeksi (*injection timing*) bahan bakar pada mesin motor dua langkah yang telah dimodifikasi dengan sistem bahan bakar injeksi langsung (*two stroke gasoline direct injection engine*). Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dimana waktu penginjeksian bahan bakar dilakukan oleh sebuah katup solenoid yang diatur dengan menggunakan papan cakram yang dipasang pada poros engkol dan dideteksi dengan sensor infra merah. Variasi yang dilakukan pada pengujian dilakukan dengan mengatur waktu derajat buka tutup solenoid yang bervariasi yaitu pada 95° sebelum TMA, 90° sebelum TMA, dan 85° sebelum TMA. Pada variasi tekanan bahan bakar 6 bar, 7 bar, dan 8 bar. Adapun beberapa alat yang digunakan untuk pengambilan data adalah, *preassure gauge* untuk mengukur tekanan bakar dan *Tachometer* digunakan untuk mengetahui putaran mesin. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil putaran mesin maksimal pada tekanan pompa bahan bakar yang sama yaitu 8 bar, untuk putaran mesin terbaik dengan sudut buka tutup solenoid 85° sebelum TMA adalah 1890 Rpm sedangkan untuk putaran mesin dengan sudut 90° sebelum TMA adalah 1820 Rpm dan putaran mesin pada sudut 95° sebelum TMA adalah 1746 Rpm.

**Kata kunci:** *two stroke, gasoline direct injection, injection pressure, injection timing*

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor sudah menjadi masalah yang mengkhawatirkan, terutama di kota-kota besar. Dari berbagai kendaraan yang bergerak seperti mobil penumpang, truk, bus, lokomotif kereta api, kapal terbang, dan kapal laut saat ini maupun dikemudian hari akan terus menjadi sumber yang dominan dari pencemaran udara di perkotaan. Masalah dalam pencemaran udara adalah emisi kendaraan bermotor terlebih lagi kendaraan bermotor jenis 2 langkah yang juga berperan sebagai penyumbang polusi cukup besar terhadap kualitas udara dan kesehatan. Hal tersebut diakibatkan karena meningkatnya jumlah pengguna kendaraan bermotor. Untuk menangani masalah ini diperlukan kendaraan yang ramah lingkungan dan minim polusi. Dewasa ini teknologi yang dipakai untuk menangani masalah tersebut adalah menggunakan kendaraan listrik, namun untuk pengisian baterai sebagai tenaga utama yang cukup lama dan kapasitas baterai yang berat adalah masalah penting untuk kendaraan listrik. Dalam beberapa tahun terakhir, mesin dengan *system fuel injection* telah dianggap sebagai ramah lingkungan dengan keuntungan minimnya emisi gas buang dan sistem pencampuran bahan bakar yang lebih efisien sehingga lebih hemat bahan bakar dibandingkan dengan sistem pencampuran bahan bakar konvensional. Pada tahun-tahun ini, sistem pembakaran *fuel injection* dinyatakan sebagai sumber energi ramah lingkungan yang mempunyai kelebihan minimnya emisi gas buang dan berpotensi menghemat bahan bakar lebih banyak. Sebagian besar penelitian pada sistem bahan bakar motor terfokus pada penggunaan sistem bahan bakar mesin 4 langkah. Namun hanya sedikit yang mempelajari penelitian ini yang terfokus pada penggunaan dari sistem *fuel injection* sebagai sistem pencampuran bahan bakar pada motor dua langkah.

Motor bakar 2 langkah adalah mesin dengan proses usaha yang dilaksanakan dalam dua langkah piston atau satu putaran poros engkol (Harsanto, 1978). Sementara itu, kekurangan pada mesin ini adalah menghasilkan polusi udara yang cukup tinggi. Hal ini terjadi karena pembakaran oli samping dan bahan bakar dari ruang bilas yang lolos ikut terbuang langsung melalui saluran pembuangan (*exhaust*). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka kami mengusulkan mengubah mesin motor bakar 2 langkah menjadi mesin yang menggunakan sistem pembakaran injeksi, maka pada mesin ini tidak terjadi terbuangnya bahan bakar dengan percuma pada mesin

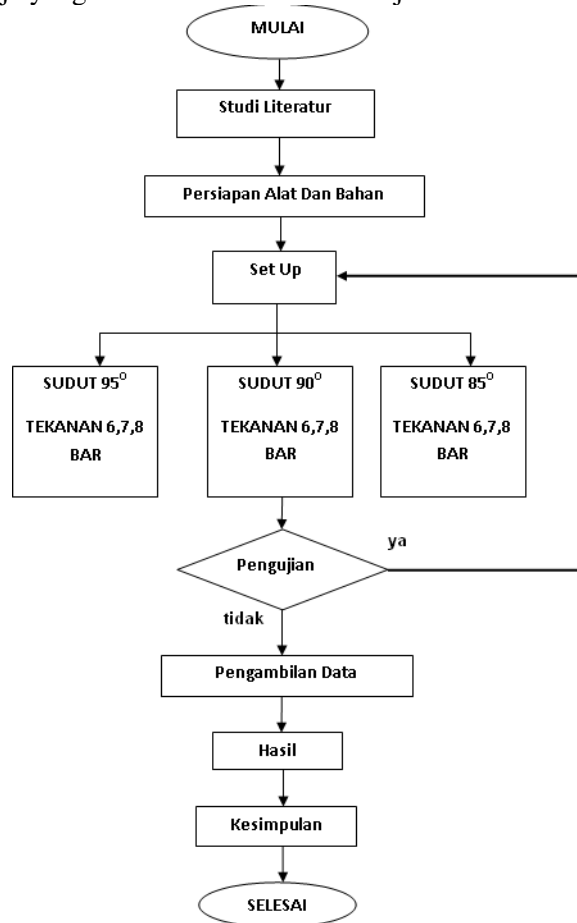
sehingga mesin ini tidak menimbulkan emisi gas buang yang berlebihan. Solusi untuk menghasilkan performa mesin yang baik adalah menggunakan sebuah perangkat injeksi langsung untuk sistem pencampuran bahan bakarnya ke dalam mesin.

Yew Heng Teoh., dkk dalam penelitiannya menggunakan mesin Yamaha 100 cc satu silinder dengan sistem kerja pembakar dua langkah, yang kemudian diubah sistem kerja pembakarannya menggunakan sistem injeksi dengan menggunakan bahan bakar gas (Yew Heng Teoh., dkk , 2011). Namun dalam penelitiannya terdapat kekurangan, yaitu dimana bahan bakar yang digunakan sulit didapat, karena gas yang digunakan belum banyak diproduksi pada setiap tempat pengisian bahan bakar seperti bahan bakar minyak. Maka dari itu, perlu ada penelitian yang menggunakan bahan bakar minyak yang mudah di dapat yaitu bahan bakar bensin. Namun karakteristik dari motor bensin dua langkah injeksi langsung (*Two Stroke Gasoline Direct Injection Engine*) berupa kinerja dan kebutuhan bahan bakar pada beberapa variasi parameter yang penting dari sistem bahan bakar masih belum diketahui. Oleh karena itu penelitian ini akan berkonsentrasi pada studi karakteristik motor bensin dua langkah injeksi langsung (*Two Stroke Gasoline Direct Injection Engine*) berupa kinerja dan kebutuhan bahan bakar pada beberapa variasi parameter yang penting dari sistem bahan bakar.

**2. METODOLOGI**

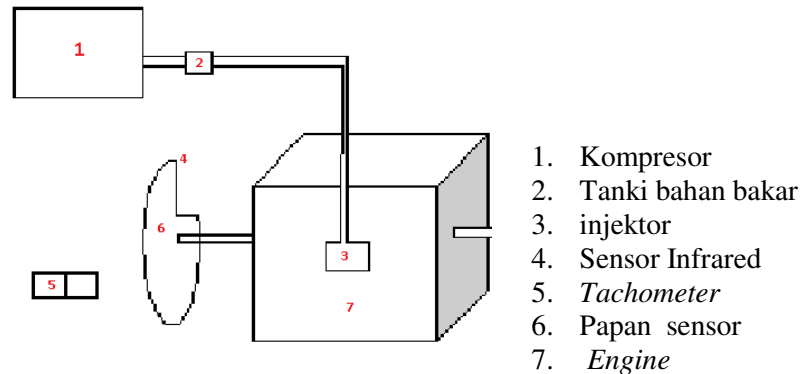
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental (gambar 1), dilakukan di Laboratorium Otomotif Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta. Agar pengujian yang dilakukan tidak terlalu melebar dari tujuan yang akan dicapai maka ditentukan batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Kondisi temperatur dan kelembaban udara diasumsikan konstan.
2. Mesin yang digunakan mesin dua langkah
3. Hasil yang dicari hanya putaran mesin dan kebutuhan bahan bakar.
4. Unjuk kerja yang diamati adalah tekanan injeksi dan waktu injeksi.



**Gambar 1. Metode penelitian**

Skema alat uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2. Mesin yang di uji adalah mesin pembakaran dalam dua langkah dengan spesifikasi diameter silinder 52 mm, langkah torak 51 mm, dan volume silinder 110 cm<sup>3</sup>.



**Gambar 2. Skema alat uji**

Mesin dua langkah ini kemudian mengalami beberapa modifikasi pada *cylinder head* untuk membuat lubang dudukan *injector* dan lubang busi yang akan ditempatkan bersebelahan. Kemudian sebuah katup *solenoid* ditempatkan disaluran bahan bakar tepat di depan injektor sebagai katup masuk bahan bakar bertekanan ke dalam mesin. Waktu pembukaan *solenoid* diatur dengan menggunakan papan cakram yang terhubung dengan rangkaian elektronik yang dihubungkan dengan sensor *infrared* seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3. Alat uji**

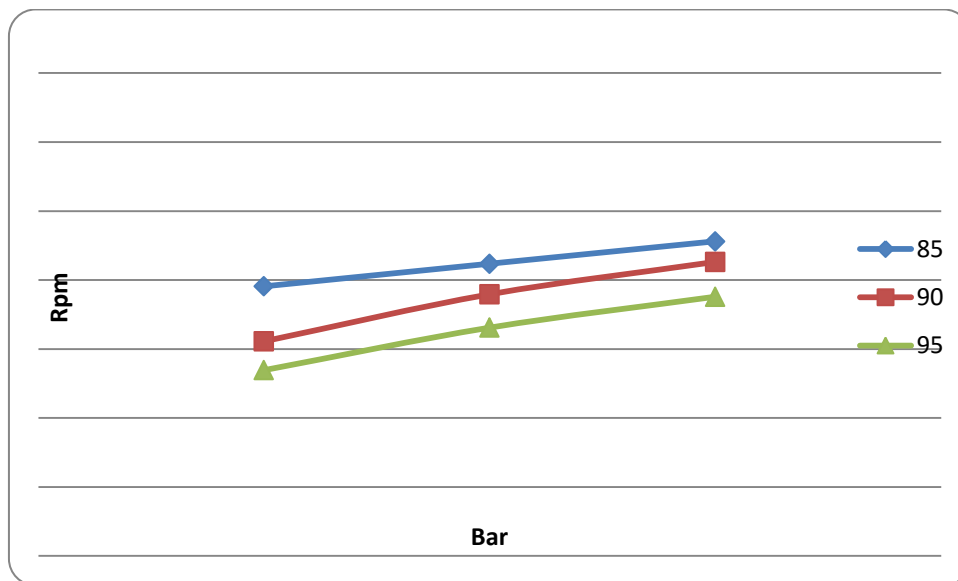
Proses masuknya bahan bakar bertekanan diatur dengan papan cakram yang divariasikan pada 85°, 90° dan 95° setelah titik mati atas (TMA) hal ini dilakukan untuk mengetahui kinerja mesin terbaik yang mampu dihasilkan oleh mesin ini. Pada sudut ini sensor *infrared* terputus arusnya karena terhalang oleh papan cakram yang kemudian memerintahkan rangkaian kelistrikan mengaktifkan *solenoid* untuk membuka sehingga bahan bakar bertekanan masuk ke ruang bakar. Tekanan bahan bakar dari tangki bahan bakar yang diisi bahan bakar dengan nilai oktan 88 sebanyak 50 ml didapat dari tekanan udara kompresor yang divariasikan pada tekanan 6, 7 dan 8 bar, dan untuk memeriksa bahwa peralatan bekerja dengan benar dan tidak ada terjadinya kebocoran udara maka mesin uji dijalankan dengan memasukan udara dari kompresor. Jika tidak terdapat kebocoran penelitian dapat dilanjutkan.

Pengambilan data pada percobaan ini guna mengetahui tekanan bahan bakar digunakan pressure gauge sedangkan pengukuran putaran mesin menggunakan *tachometer non contact* yang sensornya diletakkan pada poros *crankshaft*. Pengujian dilakukan dengan cara mengalirkan udara bertekanan dari kompresor menuju tangki bahan bakar dengan variasi tekanan udara masuk dan variasi *injection timing* sehingga menghasilkan pengukuran putaran mesin. Bersamaan dengan itu diukur juga waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk menghabiskan 50 ml bahan bakar yang ada di tangki bahan bakar.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan menguji mesin motor dua langkah untuk mengetahui kinerja mesin motor dua langkah dengan sistem bahan bakar injeksi langsung maka diperlukan putaran mesin yang dihasilkan. Pada beban kerja yang sama, maka mesin yang menghasilkan putaran tertinggi mengindikasikan mesin tersebut memiliki daya yang lebih tinggi pula. Selain itu berapa bahan bakar yang dikonsumsi mengindikasikan seberapa baik proses konversi energi yang terjadi pada mesin ini. Oleh karena itu, Parameter yang akan dianalisis dari pengujian ini adalah :

1. Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap putaran mesin dan bahan bakar yang dikonsumsi pada motor dua langkah dengan sistem bahan bakar injeksi langsung.
2. Pengaruh *timing injection* terhadap putaran mesin dan bahan bakar yang dikonsumsi pada motor dua langkah dengan sistem bahan bakar injeksi langsung.

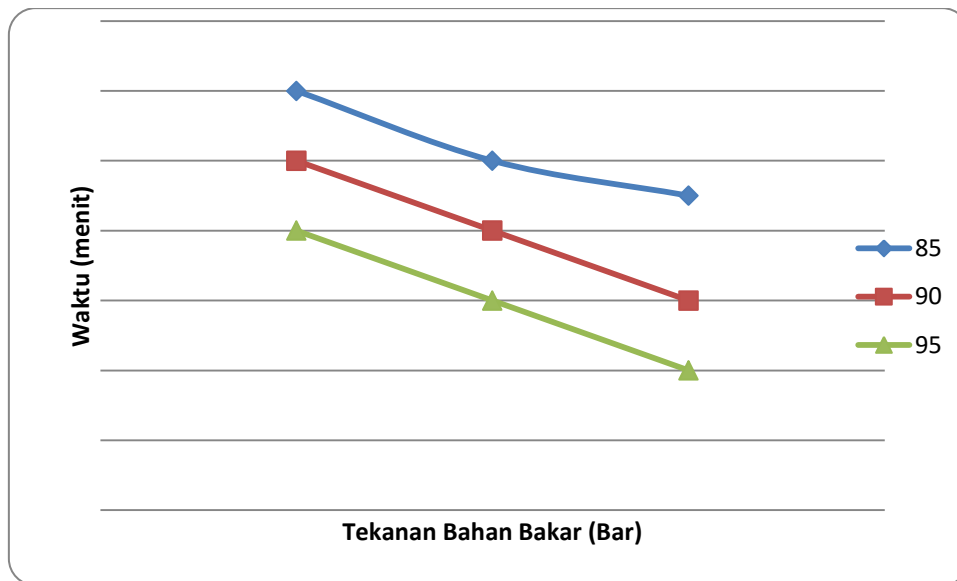


**Gambar 4. Perbandingan putaran yang dihasilkan mesin dengan tekanan bahan bakar pada variasi *timing injection* 85°, 90° dan 95° sebelum TMA**

Gambar 4 menunjukkan perbandingan putaran yang dihasilkan mesin dengan tekanan bahan bakar pada variasi *timing injection* 85°, 90° dan 95° sebelum TMA. Terlihat menunjukkan bahwa pada sudut pembukaan *solenoid* 95° sebelum TMA pada saat tekanan bahan bakar 6 bar mendapatkan hasil 1538,66 Rpm, pada saat tekanan bahan bakar 7 bar 1662 Rpm dan pada saat tekanan bahan bakar 8 bar 1751,66 Rpm. Pada sudut pembukaan *solenoid* 90° sebelum TMA pada saat tekanan bahan bakar 6 bar mendapatkan hasil 1622,33 Rpm, pada saat tekanan bahan bakar 7 bar 1758,66 Rpm dan pada saat tekanan bahan bakar 8 bar 1852,66 Rpm. Demikian pula pada sudut pembukaan solenoid 85° sebelum TMA pada saat tekanan bahan bakar 6 bar mendapatkan hasil 1781,66 Rpm, pada saat tekanan bahan bakar 7 bar 1847,33 Rpm dan pada saat tekanan bahan bakar 8 bar 1912,33 Rpm, hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan semakin tinggi juga putaran mesin yang dihasilkan, dan putaran mesin yang paling tinggi terdapat pada saat tekanan bahan bakar di 8 bar. hal ini karena dengan semakin tingginya tekanan bahan bakar maka kemampuan bahan bakar untuk menembus ruang silinder semakin jauh dan semakin baik bentuk semprotannya, yang akan mengakibatkan pula total volume bahan bakar yang diinjeksikan semakin

banyak (hal ini dapat dilihat buktinya pada gambar 5), ini berarti semakin banyak energi dari bahan bakar yang dapat dikonversi menjadi energi mekanik, artinya terjadi peningkatan daya mesin.

Selain menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan yang diberikan oleh bahan bakar maka semakin tinggi juga putaran mesin yang dihasilkan, gambar 4 juga menunjukkan bahwa semakin dekat sudut bukaan katup *selenoid* dari titik mati atas (TMA) maka semakin tinggi pula putaran mesin yang dihasilkan, ini karena apabila *injection timing* dilakukan semakin dekat dengan titik mati atas maka kemungkinan bahan bakar yang terbuang ke *exhaust* saat langkah bilas juga semakin kecil, sehingga banyak bahan bakar yang dapat dibakar atau dapat dikonversi menjadi energi mekanik juga semakin besar.



**Gambar 5. Perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan 50 ml bahan bakar dengan tekanan bahan bakar pada variasi timing injection 85°, 90° dan 95° sebelum TMA**

Gambar 5 menunjukkan perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan 50 ml bahan bakar dengan tekanan bahan bakar pada variasi timing injection 85°, 90° dan 95° sebelum tma. Dengan menggunakan bahan bakar 50 ml pada pembukaan sudut 95° sebelum TMA dan tekanan 6 bar, mesin mampu bekerja selama 4 menit. Dengan menggunakan bahan bakar 50 ml pada pembukaan sudut 90° sebelum TMA dan tekanan 6 bar mesin mampu bekerja selama 5 menit. Dengan menggunakan bahan bakar 50 ml pada pembukaan sudut 85° sebelum TMA dan tekanan 6 bar mesin mampu bekerja selama 6 menit. Pada pembukaan sudut 95° sebelum TMA dan tekanan 7 bar mesin mampu bekerja selama 3 menit pada pembukaan sudut 90° sebelum TMA mesin mampu bekerja selama 4 menit dan pada pembukaan sudut 85° sebelum TMA mesin mampu bekerja selama 5 menit. Sedangkan pada pembukaan sudut 95° sebelum TMA dan tekanan 8 bar mesin mampu bekerja selama 2 menit, pada pembukaan sudut 90° sebelum TMA mesin mampu bekerja selama 3 menit dan pada pembukaan sudut 85° sebelum TMA mesin mampu bekerja selama 4,5 menit.

Dari data dan perhitungan yang telah dilakukan dapat di simpulkan bahwa semakin rendah tekanan yang diberikan pada pompa bahan bakar maka semakin lama waktu mesin beroperasi artinya konsumsi bahan bakarnya semakin sedikit. Hal ini karena tekanan bahan bakar yang rendah menyebabkan bahan bakar tidak mampu melawan tekanan kompresi di dalam silinder sehingga bahan bakar yang masuk ke dalam ruang silinder semakin sedikit.

Gambar 5 juga menunjukkan bahwa semakin jauh sudut pembukaan katup *selenoid* dengan titik mati atas maka semakin irit pula konsumsi bahan bakarnya. Hal ini karena semakin jauh sudut pembukaan katup *selenoid* dari TMA maka putaran mesin semakin kecil (gambar 4) sehingga jumlah bahan bakar yang dibakar per satuan waktu juga semakin sedikit.

#### 4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil dan pembahasan makalah ini adalah sebagai berikut:

- (1) Semakin tinggi tekanan bahan bakar yang diinjeksikan maka semakin tinggi putaran mesin hal ini mengindikasikan terjadinya peningkatan daya mesin.
- (2) *Injection timing* semakin mendekati titik mati atas (TMA), maka semakin tinggi putaran mesin karena semakin banyak bahan bakar yang dapat dibakar atau dapat dikonversi menjadi energi mekanik juga semakin besar.
- (3) Semakin tinggi tekanan bahan bakar yang diinjeksikan maka semakin banyak konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan karena tekanan bahan bakar yang tinggi menyebabkan bahan bakar mampu menembus ruang silinder semakin jauh dan akan mengakibatkan pula total volume bahan bakar yang diinjeksikan semakin banyak.
- (4) *Injection timing* semakin mendekati titik mati atas (TMA), maka semakin banyak bahan bakar yang dapat dibakar atau dapat dikonversi menjadi energi mekanik juga semakin besar.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Hibah penelitian ini dibiayai dari DIPA-PNBP Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta Tahun Anggaran 2017

#### DAFTAR PUSTAKA

Harsanto, (1978), *Motor Bakar*, Jakarta: NV Penerbit Djambatan, pp. 18

Yew Heng Teoh dkk, (2011), *Direct Fuel Injection of LPG in Small Two-Stroke Engines*, ISC