

## Analisis Jumlah Lubang Injektor Dan Nilai Oktan Terhadap Kinerja Motor Bensin

Santoso<sup>1)</sup>, Purwoko<sup>2)</sup>, Akbar Anugrah<sup>3)</sup>, Mutrofin<sup>4)</sup>

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141

Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang, 65141

<sup>1)</sup>santoso\_polinema@yahoo.com

<sup>2)</sup>purwoko\_polmal@yahoo.co.id

<sup>3)</sup>akbar\_anugrah@polinema.ac.id

<sup>4)</sup>mutrofinrozaq@polinema.ac.id

### Abstract

The rapid development of the automotive sector in electronic systems is accompanied by an increase in injector types that have different numbers of holes, especially on motorbikes. It is hoped that the different number of holes in the injector will have certain advantages which are expected to improve its performance. This research aims to determine the effect of using variations in the number of holes in the injector and the octane value of the fuel on petrol motor power. The research method uses experiments with descriptive analysis. The independent variable is the number of holes in the injector, 4, 6, and 8 and the octane value of the fuel is 90 and 92. In the power testing process using engine speed from 1000 rpm and 9000 rpm and the bound variable is the power. The results of this research show that there is a significant influence with the greatest power on the type of injector with 4 holes and fuel with an octane value (RON) of 92, namely 6.072 [kW] at an engine speed of 6500 [rpm]. When using fuel with an octane rating (RON) of 90, the greatest power in the injector type with 6 holes is 5,451 [kW] at an engine speed of 7000 [rpm]. In general, all types of injectors can be used, because the difference in power produced is not too large.

**Keywords:** Injector type, engine performance, octane value.

### 1. Pendahuluan

Meningkatkan permintaan sepeda motor bagi masyarakat sangat berpengaruh terhadap pola industri otomotif untuk bersaing dalam mengeluarkan jenis produk yang berkualitas dan diminati konsumen. Teknologi yang digunakan di bidang otomotif semakin maju, seiring naiknya selera dan standar keinginan konsumen. Sistem injeksi pada sistem bahan bakar motor bensin merupakan salah satu teknologi yang mampu meningkatkan kinerja mesin dan efisiensi bahan bakar [1]. Injektor adalah salah satu komponen sistem bahan bakar yang berfungsi menyemprotkan dan mengabutkan bahan bakar ke intake manifold atau ruang bakar [2]. Semakin kecil ukuran partikel bahan bakar, semakin mudah bahan bakar tersebut bercampur secara homogen dengan udara, sehingga kinerja mesin akan semakin baik [3].

Injektor mempunyai lubang di ujungnya, yang merupakan saluran keluarnya bahan bakar. Tingkat efisiensi penyemprotan bahan bakar dipengaruhi oleh beberapa parameter, yaitu tekanan penyemprotan, ketepatan masa bahan bakar dan udara, serta jumlah lubang pada injektor [4]. Berdasarkan teori tersebut, maka penelitian ini menggunakan variabel jumlah lubang pada injektor dan nilai oktan bahan bakarnya. Selanjutnya dilakukan uji performa/kinerja mesin dengan mengukur nilai daya dan torsi berdasarkan putaran mesin. Tujuan penelitian ini diharapkan dapat menjawab pengaruh penggantian jenis injektor yang mempunyai jumlah lubang (*hole*) yang berbeda,

terutama tentang daya, torsi, serta dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan setiap jenis injektor yang mempunyai jumlah lubang yang berbeda dan korelasinya dengan nilai oktan bahan bakar.

#### 1. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang diajukan dalam penelitian ini dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana pengaruh jumlah lubang injektor terhadap daya pada mesin bensin.
- 2) Bagaimana pengaruh nilai oktan (RON) bahan bakar terhadap daya pada mesin bensin
- 3) Bagaimana hubungan nilai oktan bahan bakar dan jumlah lubang pada injektor.

#### 2. Tujuan

Tujuan khusus penelitian ini diharapkan dapat memahami pengaruh penggantian jenis injektor yang mempunyai jumlah lubang (*hole*) yang berbeda atau tidak standar untuk mesin tersebut dan nilai oktan bahan bakar, khususnya terhadap daya, yang dihasilkan mesin bensin tersebut.

### 2. Kajian Pustaka

#### 2.1. Sistem EFI

Pada mesin modern dengan menggunakan sistem injeksi, maka jumlah bahan bakar di atur atau dikontrol lebih akurat oleh *Electronic Control Unit (ECU)* dengan mengirimkan bahan bakarnya ke silinder melalui injektor. Sistem Injeksi menentukan jumlah bahan bakar yang optimal (tepat) disesuaikan dengan tekanan dan temperatur udara yang masuk,

putaran mesin, temperatur air pendingin, posisi katup throttle, hasil pembakaran melalui oksigen sensor, dan kondisi penting lainnya. ECU mengatur jumlah bahan bakar untuk dikirim ke mesin pada saat penginjeksian dengan perbandingan udara dan bahan bakar yang optimal berdasarkan kepada karakteristik kerja mesin. Sistem EFI menjamin perbandingan udara dan bahan bakar yang ideal dan efisiensi bahan bakar yang tinggi pada setiap saat. Pada sistem EFI dapat bekerja dengan baik, diperlukan sistem yang komprehensif yang terdiri dari berbagai alat-alat input (sensor), output (actuator) dan mengontrol sebuah sistem disebut ECU atau ECM (*Engine Control Module*). Tiga elemen penting (selain bahan bakar, udara, dan panas) agar motor bensin menghasilkan tenaga adalah.

- Campuran udara-bahan bakar yang homogen
- Komposisi udara dan bahan bakar yang sesuai.
- Timing yang tepat atau tersedianya waktu yang cukup untuk proses pembakaran

Rata-rata injeksi bahan bakar ditentukan berdasarkan rata-rata udara yang masuk, putaran mesin, kondisi kerja mobil pada saat itu. Kondisi kerja mesin yang mempengaruhi pengaturan injeksi bahan bakar biasanya ditentukan oleh putaran mesin dan beban, Rata-rata injeksi bahan bakar dikontrol dengan periode waktu kerja *injector*, dan dihitung oleh microcomputer berdasarkan data masukan yang diperoleh dari sensor sensor termasuk informasi gas buang dari *intake air rate sensor*, *engine rotation detecting sensor*, dan *oxygen sensor*.

Sesaat dan setelah mesin mulai dihidupkan, ECU akan menjaga rasio udara dan bahan bakar sedikit kaya agar pada saat startnya menjadi lebih lancar dan kerjanya stabil. Terutama untuk kasus *cold start*, campuran dan atomisasi udara/bahan bakar tidak begitu baik sehingga rasio bahan bakar tidak bisa maksimal dikarenakan sebagian melekat pada dinding bagian dalam *intake manifold* dan bagian dalam cylinder, sehingga ECU mengatur tebal tipis semprotan bahan bakar berdasarkan temperatur air pendingin mesin (*coolant*), dan temperatur intake air, kemudian mengurangi rata-rata semprotan setelah mesin panas.

Kontrol *feedback* AFR melibatkan pemasangan oksigen sensor pada pipa saluran keluar (*exhaust pipe*) yang fungsinya untuk mendeteksi apakah gas buang lebih tipis (kadungan oksigennya sedikit) atau tebal (kadungan oksigennya banyak), kemudian menaikkan atau menurunkan rata-rata injeksi bahan bakarnya, dengan tujuan untuk menaikkan 3 elemen pembersih *catalysis* dengan memastikan pembakaran pada AFR *stoichiometric*. Umumnya pembakaran AFR yang lebih tipis akan menghasilkan emisi NO<sub>x</sub> yang lebih tinggi, sebaliknya bila AFR lebih tebal maka akan menaikkan emisi CO dan HC. Apabila AFR harus dikontrol pada rasio *stoichiometric* A/F agar ketiga elemen *catalysis* bisa mengeluarkan emisi yang lebih bersih. Namun demikian jendela lambda

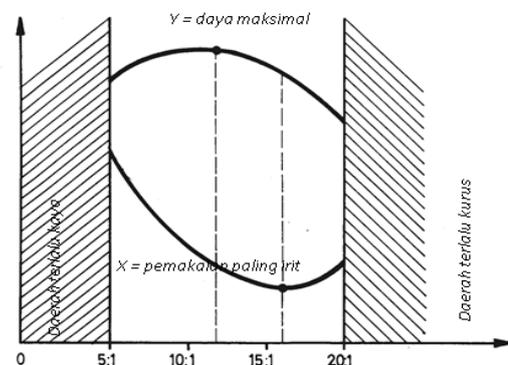
terlalu sempit sehingga *open-loop control* tidak cukup memenuhi persyaratan, oleh karena itulah diperlukan kontrol umpan balik menggunakan *oxygen sensor*.

*Oxygen sensor* perubahannya sangat cepat terhadap AFR, sehingga keunggulan ini digunakan sebagai pengontrol. ECU membandingkan tegangan output oksigen dengan tegangan referensi untuk menentukan kondisi ketebalan/ketipisan gas buang. Apabila AFR perubahannya begitu cepat, maka momen mesin akan mengalami kejutan. Untuk itu microcomputer menyediakan *PI-Control* untuk memastikan AFR perubahannya setiap saat akan dilakukan secara perlahan tidak mendadak. Kontrol *feedback* AFR bisa tidak bekerja, tergantung dari kondisi kerja mesin, status kerja oksigen sensor (normal atau abnormal) adalah ;

- *Temperature coolant* saat *starting*
- Beban berat dan *fuel cut-off*.
- Oxygen sensor tidak aktif atau ditemukan kesalahan.

## 2.2. Kontrol Penyesuaian AFR

Kotoran yang menempel pada sesor atau *injector* dapat mempengaruhi ketepatan AFR, sehingga penyimpangan AFR yang terlalu tinggi atau sedang, maka dampaknya adalah penyimpangan nilai ketebalan atau ketipisan komposisi campuran udara dan bahan bakar. Dalam kondisi kerja normal, ECU secara tetap memproses nilai umpan balik secara seimbang, kemudian menyesuaikan dasar waktu injeksi bahan bakar agar selalu sesuai dengan rasio kecukupan komposisi campuran udara dan bahan bakar secara *stoichiometric*. Penyetelan AFR oleh *adaptation control* dapat meningkatkan keakuratan kontrol komposisi campuran udara dan bahan bakar *stoichiometric*. Program komputer adaptasinya disimpan di dalam memori *non-volatile* dan selama mesin bekerja angka adaptasinya akan bervariasi dan selalu diperbaharui.

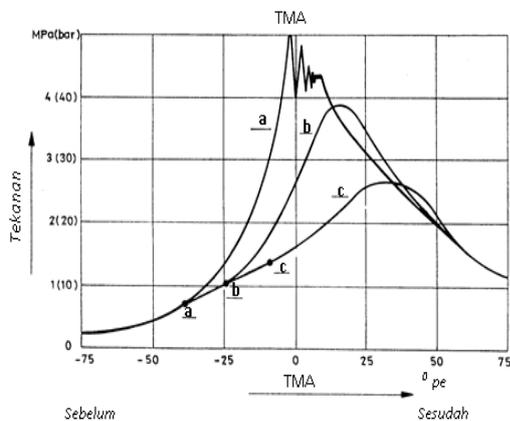


Gambar 1 Grafik hubungan AFR dan daya

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa untuk menghasilkan daya yang besar atau maksimum diperlukan komposisi campuran udara dan bahan bakar (AFR) sedikit kaya (antara 13:1 sd 10:1). Hal ini disebabkan karena campuran udara dan bahan

diruang bakar yang belum bisa homogen, sehingga untuk memaksimalkan massa bahan bakar yang terbakar, maka komposisi dibuat sedikit kaya supaya udara yang ada di ruang bakar terpakai semua untuk proses pembakaran dan massa bahan bakar yang terbakar menjadi maksimal.

### 2.3. Kontrol Pengapian



Gambar 2 Kontrol waktu pengapian

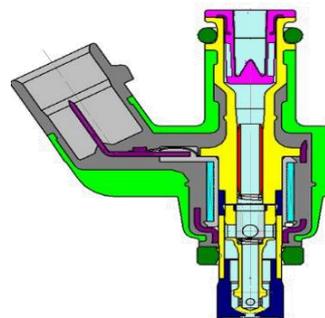
Hubungan antara waktu pengapian pada mesin dan tekanan cylinder pada gambar 2.2 titik a, b, dan c menunjukkan pola gelombang tekanan secara berurutan. Pada titik “a” saat pengapian terlalu awal mengakibatkan detonasi/knocking, daya motor berkurang, motor menjadi panas dan menimbulkan kerusakan pada torak, bantalan dan busi. Pada titik “b” saat pengapian tepat menghasilkan langkah usaha yang ekonomis, daya motor maksimum, karena tekanan maksimal dihasilkan setelah TMA untuk menghasilkan output maksimal. Pada titik “c”, saat pengapian terlalu lambat menghasilkan langkah usaha yang kurang ekonomis/ tekanan pembakaran maksimum jauh sesudah TMA, daya motor berkurang, boros bahan bakar, karena tekanan pembakarannya rendah dapat menurunkan daya output. ECU mendeteksi kondisi kerja mesin (putaran mesin, beban, *warm-up*, dst) dengan membandingkan waktu pengapian yang ada di dalam program ECU berdasarkan data input dari sensornya, kemudian micro-computer melakukan hitungan untuk menentukan waktu pengapian secara tepat, kemudian mengirimkan sinyal *cut-off* pertama ke igniter (*power transistor*) untuk menjalankan *ignition coil* kemudian mengontrol waktu pengapiannya.

### 2.4. Injektor

Injektor (*nozzel*) suatu piranti alat yang bekerja secara elektromagnetis, dimana akan menginjeksikan bahan bakar sesuai dengan sinyal yang diterima dari ECU. Injektor menyemprotkan bahan bakar bensin kedalam *throttle body*. Jika signal dari ECU diterima oleh selenoid coil, plunger akan tertarik melawan pegas dan bahan bakar bensin akan diinjeksikan. Volume bahan bakar yang diinjeksikan tergantung dari lamanya signal yang

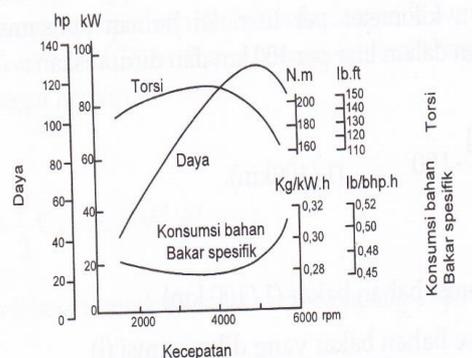
diterima dan tergantung lamanya pembukaan nozzel yang dikirim oleh ECU.

Diameter lubang injektor diameter ( $\varnothing$ ) 0.152 mm  $\times$  4 karena terdapat 4 lubang.



Gambar 3 Kontruksi Injektor

Penggunaan jenis injector yang mempunyai jumlah lubang yang lebih banyak diharapkan volume bahan bakar yang keluar lebih banyak dan pengkabutannya lebih sempurna, sehingga dapat menghasilkan daya dan torsi yang lebih besar atau kinerjanya lebih baik. Hal ini dengan asumsi durasi penyemprotannya tidak berubah/sama dan tidak menyebabkan campuran bahan bakar (AFR) tidak terlalu kaya. Hal ini juga adanya dampak negatif, yaitu pemakaian bahan bakar yang sedikit boros dan jika terjadi campuran bahan bakar dan udara (AFR) yang terlalu kaya akan dapat juga menurunkan daya dan torsi atau kinerjanya jadi menurun



Gambar 4 Hubungan daya dan putaran mesin pada motor bensin

Pada gambar 4 memperlihatkan bahwa pada saat daya mendekati nilai maksimum konsumsi bahan bakar spesifik mulai meningkat atau pada saat kondisi daya tinggi membutuhkan komposisi campuran udara dan bahan bakar yang sedikit kaya. Hal ini juga sesuai dengan gambar 1, karena untuk menghasilkan daya yang besar harus ada lebih banyak massa bahan bakar yang terbakar di ruang bakar. Hubungan daya dan putaran mesin sudah dirumuskan sebagai berikut [5].

$$P = T \times \omega = 0,105 \times T \times n \quad (2-1)$$

Keterangan :

$$P = \text{Daya [Watt]}$$

$$T = \text{Torsi [Nm]}$$

$\omega$  = Putaran sudut [rad/det]  
n = Putaran mesin [rpm]

## 2.5. Nilai Oktan

Bilangan atau nilai oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bahan bakar bensin terbakar secara spontan. Di dalam mesin, campuran udara dan bahan bakar bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara dan bahan bakar bensin juga bisa terbakar secara spontan sebelum percikan api dari busi keluar. Hal ini jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka hal ini akan memungkinkan terjadi *knocking* atau ketukan didalam mesin. *Knocking* ini akan menyebabkan mesin cepat rusak, sehingga sebisa mungkin harus dihindari. Nama oktan berasal dari oktana ( $C_8$ ), karena dari seluruh molekul penyusun bensin, oktana yang memiliki sifat kompresi paling bagus. Oktana dapat dikompres sampai volume kecil tanpa mengalami pembakaran spontan, tidak seperti yang terjadi pada heptana, misalnya, yang dapat terbakar spontan meskipun baru ditekan sedikit. Premium memiliki nilai oktan 88, sedangkan Peralite memiliki nilai oktan 90, Pertamina sebesar 92. dan Pertamina Plus sebesar 95. Nilai ini menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan. Semakin tinggi nilai oktannya, maka bahan bakar bensin lebih lambat terbakar, sehingga tidak meninggalkan residu pada mesin yang bisa mengganggu kinerjanya. Bahan bakar beroktan tinggi cocok digunakan dengan kendaraan yang menggunakan kompresi tinggi. Nilai oktana riset (RON) dari bahan bakar gasoline yang diuji tergantung dari jenis gasoline itu. Batasan yang tercantum dalam spesifikasi adalah batasan minimum, bila kurang dari batas minimumnya, maka menyebabkan terjadinya ketukan pada mesin, karena bahan bakar akan terbakar sebelum terjadinya percikan nyala pada busi. Sebaliknya jika jauh lebih tinggi dari batas minimumnya, maka tidak terjadi ketukan, tetapi harga bahan bakarnya lebih mahal, karena biaya produksi bahan bakarnya lebih mahal/tinggi, sehingga kurang ekonomis.

Kadar oktan RON 90 dapat digunakan untuk kendaraan dengan rasio kompresi mesin 9:1 hingga 10:1. Kualitas yang dimiliki tergolong cukup baik untuk keperluan sehari-hari. Kadar Oktan 92 memiliki kualitas lebih baik ketimbang Oktan 90 dan penggunaannya membuat proses pembakaran mesin jadi lebih sempurna serta memiliki kemampuan untuk membantu membersihkan residu karbon pembakaran di dalam mesin. Kadar oktan 95 memiliki kemampuan mengurangi endapan residu karbon dengan lebih baik serta dapat membuat

pembakaran menjadi sempurna. Umumnya unit mobil banyak menggunakan kompresi 11:1 hingga 12:1. Kadar oktan 98 merupakan BBM terbaik yang dikembangkan dengan teknologi tercanggih. Jenis BBM ini disesuaikan dengan kebutuhan mesin mobil performa tinggi yang menuntut pembakaran lebih sempurna. Umumnya digunakan pada konfigurasi mesin dengan kompresi tinggi mencapai 13:1. Bilangan oktan adalah bilangan yang menunjukkan persen volume isooktana pada bensin. Bensin yang banyak mengandung hidrokarbon rantai lurus, misalnya n-heptana sangat mudah terbakar dalam mesin sehingga akan menimbulkan bunyi ketukan (*knocking*) yang mengakibatkan mesin mudah rusak.

Berdasarkan kenaikan angka oktan (RON) dapat meningkatkan tekanan pada saat awal proses pembakaran diharapkan dapat meningkatkan gaya dorong piston saat langkah usaha, sehingga dapat meningkatkan daya dan torsi mesin, dengan catatan proses pengapian sedikit di mundurkan. Jika sistem pada EFI proses pengapian masih dibuat sama, maka kenaikan daya dan torsi mesin sulit terjadi.

Hasil penelitian [6] hubungan nilai oktan dengan nilai kalor pada bahan bakar bensin, khususnya RON 90 yang mempunyai nilai kalor rata-rata 43,087 [Mj/kg] atau 43,087 [kj/gram] dan RON 92 yang mempunyai nilai kalor rata-rata 43,350 [Mj/kg] atau 43,350 [kj/gram] setelah di analisa secara statistik hasilnya bahwa nilai RON tidak menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai kalor. Harapan pada uji daya dan torsi untuk pemakaian bahan bakar dengan RON 90 dan RON 92 terjadi peningkatan dengan adanya peningkatan tekanan kompresi pada saat proses pembakaran.

## 2.6. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Dong et al. [7] yang melakukan pengujian performa /kinerja mesin bensin dengan variasi jumlah lubang injektor 4, 5, 6, dan 8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil jumlah lubang *injector* berakibat naiknya panas yang dilepaskan mesin dan turunnya tekanan puncak kompresi. Tekanan semprot bahan bakar juga berpengaruh dalam kinerja mesin bensin. Selanjutnya Vandy Muhammad et al [8] melakukan eksperimen pengaruh jumlah lubang nosel injector performa mesin sepeda motor hasilnya menunjukkan penggunaan Injektor lubang 6 dalam penelitian ini memiliki nilai daya dan torsi lebih tinggi dibandingkan dengan lubang 4 dan 8. Daya maksimum sebesar 7,3 HP dan torsi maksimum 6,3 ft-lbs. Pengujian yang dilakukan tanpa melakukan perubahan settingan mesin dan tekanan penyemprotan bahan bakar, sehingga parameter tersebut dinilai paling sesuai diterapkan untuk aplikasi injektor lubang 6. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui seberapa

besar pengaruh jumlah lubang nosel terhadap performa mesin dengan memperhatikan parameter setingan mesin dan tekanan penyemprotan bahan bakar. Parameter tersebut harus disesuaikan dengan karakteristik jenis injektor sehingga masing-masing injektor dapat bekerja optimal.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Bahan Dan Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- a) Bahan bakar.  
 Bahan bakar yang digunakan adalah pertalite (RON 90), dan Pertamina (RON 92).
- b) Peralatan  
 Injektor : berluang 4, 6, dan 8



Gambar 5 Jenis Injektor

Tabel 1 Spesifikasi Sepeda motor Honda Beat tahun 2010

No	Uraian	Spesifikasinya
1	Type mesin	4 Langkah, SOHC, pendingin udara, FI
2	Volume langkah	108 cc
3	Sistem suplai Bb.	Injeksi (PGM-FI)
4	Diameter x Langkah	50 x 55 mm
5	Tipe transmisi	Otomatis, V-matic
6	Rasio kompresi	9,2 : 1
7	Daya maksimum	6,27 kW (8,52 PS) / 8.000 rpm
8	Torsi maksimum	8,68 Nm (0,89 kgf.m) / 6.500 rpm

- Dynotest
- Pembersih Injektor (*Injector cleaner*)
- Gelas ukur
- *Tachometer*
- *Tools set*

#### 3.2. Variable Penelitian

Penelitian ini mempunyai dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel tak bebas kedua variabel tersebut adalah:

- Variabel bebas: Jumlah lubang injektor ( 4, 6, dan 8) dan nilai oktan bahan bakar ( 90 dan 92)
- Variabel terkendali: Temperatur kerja mesin ( $T_{mesin}$ )
- Variabel tak bebas: Daya (P).

#### 3.3. Tahapan Pelaksanaan

Pada percobaan ini dilakukan untuk memahami pengaruh (kelebihan dan kekurangan) penggantian jenis injektor yang mempunyai jumlah lubang yang berbeda atau tidak standar. Adapun alur penelitiannya adalah sebagai berikut:

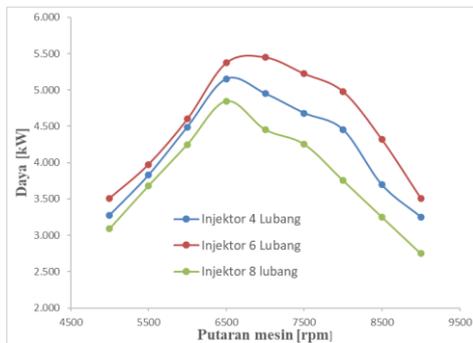
- 1) Studi literatur tentang jenis injektor pada motor bensin hasil penelitian pendahuluan
- 2) Studi literatur tentang ECU (*Electronic Control Unit*)
- 3) Pengukuran/pengujian volume injeksi untuk setiap jenis injektor.
- 4) Melakukan uji coba peralatan dengan menggunakan jenis injektor standar (injektor dengan jumlah lubang 6) dan jenis bahan bakar dengan nilai oktan 90 (pertalite).
- 5) Membandingkan hasil uji daya dan torsi dengan spesifikasi yang ada pada mesin yang digunakan
- 6) Bila hasil uji tidak sesuai dengan spesifikasi yang ada pada mesin yang digunakan, maka perbaikan atau *Tune Up* mesin bensin tersebut sampai nantinya hasilnya sesuai spesifikasinya.
- 7) Bila uji coba sudah dianggap cukup, maka ganti *injector* dengan jumlah lubang 4 dan selanjutnya dengan *injector* dengan jumlah lubang 8.
- 8) Lakukan pengujian lagi dengan jenis bahan bakar dengan nilai oktan 90 (pretalite) untuk tiga vareasi jumlah lubang injektor
- 9) Mengulangi langkah no. 8 dengan bahan bakar dengan nilai oktan 92 (pertamax)
- 10) Melakukan analisa data dengan membandingkan dengan dasar teori dan hasil penelitian terdahulu.

#### 3.4. Data Hasil Percobaan

Data yang diperlukan dalam penelitian ini putaran mesin dalam (rpm), dan daya dalam [kW] untuk setiap vareasi lubang *injector* dan nilai oktan (RON).

Tabel 2 Nilai daya rata-rata pada RON 90 (pentalite)

NO	Put. Mesin	Daya [kW]		
	[rpm]	4 lubang	6 lubang	8 lubang
1	5000	3.275	3.508	3.091
2	5500	3.827	3.974	3.680
3	6000	4.490	4.600	4.250
4	6500	5.150	5.373	4.845
5	7000	4.950	5.451	4.453
6	7500	4.681	5.226	4.252
7	8000	4.453	4.980	3.754
8	8500	3.695	4.318	3.251
9	9000	3.251	3.508	2.748



Gambar 6 Hubungan daya dan putaran mesin pada vereasi jumlah lubang untuk RON 90

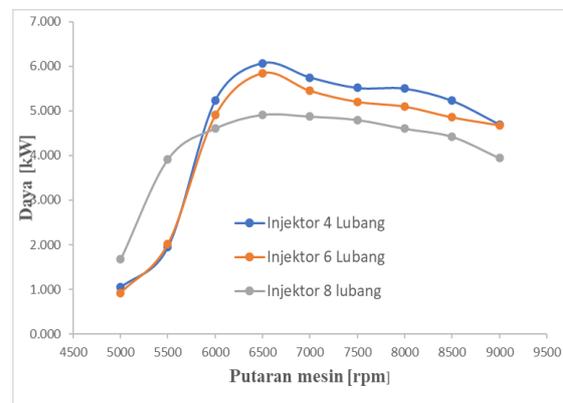
Pada gambar 5 terlihat bahwa jenis injector dengan 6 lubang yang dapat menghasilkan daya yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada jenis injector dengan jumlah lubang 4 bahan bakar yang keluar lebih banyak sehingga campuran bahan bakar dan udara (AFR) cenderung lebih kaya dari kondisi standar sehingga daya tidak bisa maksimal. Adapun pada jenis injector dengan jumlah lubang 8 cenderung terlalu kaya, sehingga dayanya pun jadi menurun. Hal ini sesuai dengan hasil uji volome injeksi yang menunjukkan bahwa ijector dengan 8 lubang menghasilkan volume injeksi yang terbesar, kemudian injector dengan 4 lubang, dan paling kecil injector dengan 6 lubang. Kondisi ini sesuai dengan dasar teori, bahwa untuk menghasilkan daya maksimum diperlukan campuran bahan bakar dan udara yang sedikit kaya (AFR antara 12 sd 14). Perbedaan nilai daya yang dihasilkan masih memungkinkan pemakaian jenis injector dengan jumlah lubang yang berbeda, tetapi yang terbaik sesuai tetap jenis injector yang standar, sehingga jika tidak terpaksa jangan menggunakan jenis injector yang tidak standar.

Pada Gambar 6 terlihat bahwa jenis *injector* dengan 4 lubang yang dapat menghasilkan daya yang relatif lebih tinggi pada pemakaian bahan bakar dengan RON 92. Hal ini menunjukkan bahwa pada jenis injector dengan jumlah lubang 4 bahan bakar yang keluar sedikit lebih banyak, sehingga campuran bahan bakar dan udara (AFR) cenderung sedikit kaya sehingga dapat menghasilkan daya yang sedikit lebih tinggi. Adapun pada jenis *injector* dengan jumlah lubang 6 cenderung sedikit miskin dan ijector dengan 8 lubang bahan bakar yang keluar terlalu banyak sehingga campuran bahan bakar dan

udara (AFR) cenderung terlalu kaya, sehingga dayanya pun menjadi menurun. Kondisi ini sesuai dengan dasar teori, bahwa untuk menghasilkan daya maksimum diperlukan campuran bahan bakar dan udara yang sedikit kaya (AFR antara 12 sd 14).

Tabel 3 Nilai daya rata-rata pada RON 92.

NO	Put. Mesin	Daya [kW]		
	[rpm]	4 lubang	6 lubang	8 lubang
1	5000	1.045	0.920	1.673
2	5500	1.950	2.024	3.918
3	6000	5.240	4.907	4.607
4	6500	6.072	5.851	4.912
5	7000	5.749	5.454	4.872
6	7500	5.514	5.206	4.797
7	8000	5.498	5.100	4.600
8	8500	5.226	4.858	4.420
9	9000	4.696	4.681	3.943



Gambar 7 Hubungan daya dan putaran mesin pada vereasi jumlah lubang untuk RON 92

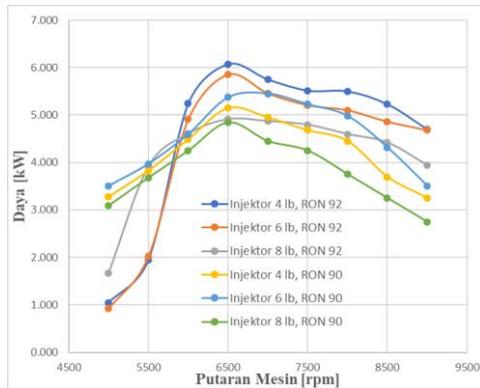
Pada gambar 7 terlihat bahwa jenis injector dengan 4 lubang yang dapat menghasilkan daya yang relatif lebih tinggi pada pemakaian bahan bakar dengan RON 92. Selanjutnya pada injector dengan jumlah lubang 6 pada pemakaian bahan bakar dengan RON 92 dan yang ke tiga pada injector dengan jumlah lubang 6 pada pemakaian bahan bakar dengan RON 90. Pada dasarnya semua jenis injector dan jenis bahan kar yang digunakan daya maksimum yang dapat dihasilkan berkisar antara 5 sd 6 [kW] pada putaran mesin antara 6000 sd 7000 [rpm]. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi tertentu/darurat semua jenis *injector* dan semua jenis bahan bakar bensin dapat digunakan, sedangkan untuk efektifnya gunakan sesuai standarnya.

#### 4. Hasil Dan Pembahasan

##### 4.1. Hasil

Hasil perhitungan Analisa statistik untuk penggunaan bahan bakar dengan nilai oktan 90 (Pentalite) dan nilai oktan 92 (Pertamax) menunjukan adanya pengaruh jumlah lubang terhadap hasil pengujian daya. Pada penggunaan bahan bakar dengan oktan 90, injector dengan 6

lubang dapat menghasilkan daya tertinggi 5,451 kW pada putaran 7000 [rpm], kemudian injektor dengan 4 lubang dapat menghasilkan daya tertinggi 5,150 kW pada putaran 6500 rpm, selanjutnya injektor dengan 8 lubang dapat menghasilkan daya tertinggi 4,845 kW pada putaran 6500 rpm.



Gambar 3.4 Hubungan daya dan putaran mesin pada vereasi jumlah lubang nilai oktan (RON)

Pada penggunaan bahan bakar dengan oktan 92, injektor dengan 4 lubang dapat menghasilkan daya tertinggi 6,072 [kW] pada putaran 6500 [rpm], kemudian injektor dengan 6 lubang dapat menghasilkan daya tertinggi 5,581 [kW] pada putaran 6500 [rpm], selanjutnya injektor dengan 8 lubang dapat menghasilkan daya tertinggi 4,912 kW pada putaran 6500 rpm.

#### 4.2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah lubang pada injector dan nilai oktan bahan bakar bensin berpengaruh terhadap kinerja mesin bensin khususnya terhadap daya yang di hasilkan. Hal ini sudah sesuai dengan kanjian terori dan hasil penelitian terdahulu

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, maka hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut: Pengaruh jumlah lubang injector terhadap daya pada mesin bensin adalah pada penggunaan bahan bakar dengan nilai oktan 90, jenis injector 6 lubang menghasilkan daya terbesar 5,451 kW pada putaran 7000 [rpm] dan pada penggunaan bahan bakar dengan nilai oktan 92 jenis injector 4 lubang menghasilkan daya terbesar 6,072 kW pada putaran 6500 rpm. Bahan bakar dengan nilai oktan 92 dapat menghasilkan daya yang lebih besar daripada bahan bakar dengan nilai oktan 90. Korelasi nilai oktan bahan bakar dan jumlah lubang pada injector, menghasilkan injektor 4 lubang dengan bahan bakar nilai oktan 92 yang dapat menghasilkan daya tertinggi, yaitu 6,072 kW pada putaran mesin 6500 rpm.

### Daftar Pustaka

- [1] T. Kim and S. Park, "Optimizing injector nozzle hole layout of a direct-injection spark-ignition engine for wide open throttle condition," *Energy Convers. Manag.*, vol. 181, no. November 2018, pp. 59–67, 2019.
- [2] R. Kurniawan, "Analisis Pengaruh Penggunaan Injector Terhadap Unjuk Kerja Honda Beat Fi," *Anal. Pengaruh Pengguna. Injct. Terhadap Unjuk Kerja Honda Beat Fi*, vol. 5, no. 2, 2018.
- [3] Z. Lee, T. Kim, S. Park, and S. Park, "Review on spray, combustion, and emission characteristics of recent developed direct-injection spark ignition (DISI) engine system with multi-hole type injector," *Fuel*, vol. 259, no. September 2019, p. 116209, 2020.
- [4] Semin, B. Cahyono, Amiadji, and R. A. Bakar, "Air-fuel Mixing and Fuel Flow Velocity Modeling of Multi Holes Injector Nozzle on CNG Marine Engine," *Procedia Earth Planet. Sci.*, vol. 14, pp. 101–109, 2015.
- [5] Arismunandar Wiranto, 1994, *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, edisi ke empat cetakan kedua, ITB bandung.
- [6] Arluky Nurvandy, *Korelasi Angka Oktan dan Nilai Kalor Bensin*, Forum Teknologi, Vol. 03, N0.4
- [7] S. Dong, C. Yang, B. Ou, H. Lu, and X. Cheng, "Experimental investigation on the effects of nozzle-hole number on combustion and emission characteristics of ethanol/diesel dual-fuel engine," *Fuel*, vol. 217, no. July 2017, pp. 1–10, 2018.
- [8] Vendy Muhammad, Eka Angga, "Studi Ekperiment Pengaruh Jumlah Lubang Nozel Injektor Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor", *Jurnal Teknik ATW-84*; ISSN 2337-3148. Edisi 23/ATW/Maret/2020;
- [9] William W. Hines, 1990 *Probabilita dan Statistik Dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen*, edisi kedua, Universitas Indonesia.
- [10] Aprian Fadhlu Rohman, dkk, Analisis Pengaruh Jumlah Lubang Nozzle Injektor Terhadap Torsi Pada Pembesaran Piston Motor Matic Injection, *Jurnal Sains, Teknologi, dan Informatika*, Vol. 9 N0, 1, Januari 2022, Hal. 29-39. <http://Jurnal.stmcileungsi.ac.id/index.php/tekno>.