

# Studi Pengaruh Waktu Injeksi, Tekanan Bahan Bakar, dan Tekanan Turbo Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel 2GD-FTV

Teng Sutrisno<sup>1\*</sup>, Pradityo Putra Purnomo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

\* Penulis korespondensi; E-mail: tengsutrisno@petra.ac.id

---

## ABSTRAK

Motor Diesel dipengaruhi oleh beberapa aspek operasional. Diantaranya: waktu penginjeksian bahan bakar (*timing injection*), tekanan bahan bakar (*fuel pressure*), dan tekanan udara yang masuk (*boost pressure*). Modifikasi akan dilakukan untuk mengubah parameter menggunakan *piggyback*. Terdapat tiga hal yang akan diteliti, yaitu mengamati perubahan pada daya dan torsi jika mengubah parameter *fuel pressure*, parameter *injection timing*, dan parameter tekanan turbo. Pengujian dilakukan menggunakan alat bernama *On-Wheel Dynamometer* untuk mengetahui daya dan torsi yang dihasilkan pada kendaraan bermotor. Unjuk Kerja Mesin Diesel dapat meningkat Daya sebanyak 8% dan torsi sebanyak 11% dengan perubahan parameter *pressure fuel +20*, *injection timing +5°*, dan parameter turbo *pressure 1.2 bar*.

**Kata kunci:** Diesel; Waktu Injeksi Bahan Bakar; Tekanan Bahan Bakar; Tekanan Boost; *Piggyback*; ECU.

## ABSTRACT

*Diesel motors are affected by several operational aspects. Among them are fuel injection timing (timing injection), fuel pressure (fuel pressure), and incoming air pressure (boost pressure). Modifications change parameters using piggyback, observing changes in power and torque when changing fuel pressure, injection timing, and turbo pressure. Analysis of Performance Engine is used Wheel Dynamometer Diesel engine performance can increase horsepower by 8% and torque by 11% by changing the fuel pressure parameter +20, injection timing +5°, and turbo pressure parameter by 1.2 bar.*

**Keywords:** Diesel Engine; Injection Timing; Pressure Fuel; Boost Pressure; Piggyback; ECU

---

## PENDAHULUAN

Motor Diesel merupakan salah satu motor bakar yang cukup banyak digunakan pada sector transportasi dan industri. Mesin diesel adalah jenis mesin pembakaran internal yang paling diterima secara global yang banyak digunakan untuk memberi daya pada alat-alat pertanian, aplikasi industri, peralatan konstruksi, dan tenaga penggerak di laut. [1] Motor Diesel dipengaruhi oleh beberapa aspek operasional. Diantaranya: Perbandingan campuran udara dengan bahan bakar (*air fuel ratio*), waktu penginjeksian bahan bakar (*timing injection*), dan jumlah oksigen yang terkandung dalam udara kering disekitar [2].

Untuk mengoptimalkan kinerja mesin diesel injeksi langsung, pengaruh berbagai tekanan masukan di bawah berbagai putaran mesin dan strategi main *injection timing* pada berbagai variasi tekanan masukan di bawah putaran mesin 1.200 rpm telah dipelajari.

Berbagai *boost pressure* diatur dari 0 kPa (secara alami) hingga 60 kPa dengan peningkatan 20 kPa. *Injection timing* bervariasi dengan kenaikan 2° dari -1° sebelum titik mati atas (TMA), 1° dan 3° setelah TMA. Kinerja mesin dievaluasi dalam hal *in-cylinder pressure* sebagai karakteristik kinerja paling penting dari mesin diesel. Untuk mendapatkan unjuk kerja motor yang optimal dan mendapatkan peningkatan kinerja mesin Diesel, maka metode yang dilakukan yaitu dengan memajukan atau memundurkan waktu pengabutan bahan bakar (*timing injection*) dan mengatur lamanya durasi pengabutan bahan bakar yang terjadi pada ruang bakar (*duration injection*). Penelitian ini disusun untuk melakukan studi terhadap suatu penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Anggono dkk [3], untuk menerapkan hasil penelitian tersebut menggunakan mesin Diesel common-rail yang umum, serta untuk membuktikan apakah hasil penelitian tersebut dapat diterapkan pada mesin diesel lainnya.

Dampak emisi yang dihasilkan oleh mesin diesel sangatlah besar menurut Sigh dan Sandhu [4] sehingga dapat direduksi dengan peningkatan tekanan boost pada intake. Selain itu dampak tekanan boost pada intake dapat meningkatkan unjuk kerja mesin secara signifikan. Hasil penelitiannya bahwa pencampuran bahan bakar diesel dengan bio-oil (biodiesel/ diesel argemone) dapat dioptimalkan dengan *Mapping ECU*.

Hasil perusakan (*Tampering*) akibat membuang katalis pada kendaraan diesel berdampak sangat besar melebihi 1000 mg/km menurut Carriero dkk [5]. Gangguan pada sensor NOx menghasilkan NOx yang relative rendah, tetapi peningkatan NH<sub>3</sub> yang signifikan. Oleh karena itu peran dari *Mapping ECU* pada mesin diesel berperan besar pada emisi yang dihasilkan akibat peran dari salah satu sensor NOx.

Selain pengaruh dari ECU dan Tekanan Boost intake, Tutak dkk [6] membuktikan bahwa pengaruh dari *timing injection* terhadap unjuk kerja dari mesin diesel. Efek penambahan bioethanol E85 sebanyak 20% dapat memperpendek waktu durasi waktu pembakaran 2 kali lebih cepat. Fenomena ini dapat dilakukan dengan cara mengubah parameter *timing injection* pada ECU yang akan dilakukan penelitian ini.

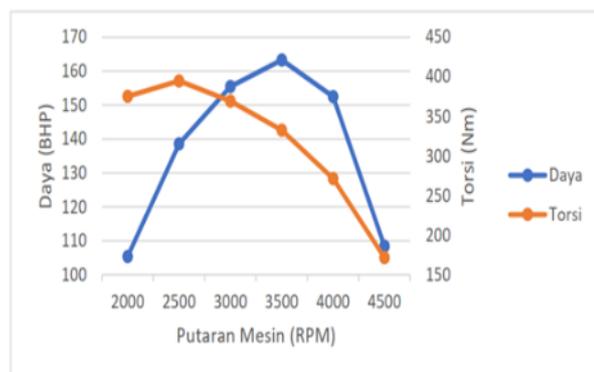
### METODE PENELITIAN

Pada proses pertama yang dilakukan adalah mengambil data kondisi standard diatas mesin dyno. Setelah mendapatkan daya dan torsi keadaan mobil standard. Selanjutnya adalah mengambil data dan parameter standard dengan menggunakan software Bit edit. Setelah melakukan pembacaan data standard, kemudian dilakukan pemasangan piggyback dan tuning pada parameter fuel pressure, injection timing, dan turbo pressure. Tahapan tuning yang dilakukan diawali dengan fuel pressure karena menurut Christian dkk [7], dengan menaikkan fuel pressure dapat meningkatkan unjuk kerja dan yang paling mempengaruhi naik turunnya unjuk kerja mesin diesel.

Kemudian dilanjutkan dengan tuning parameter injection timing dengan tujuan pada parameter Injection timing terdapat lebih banyak sampel daripada parameter turbo pressure sehingga tuningturbo pressure dilakukan di akhir. Setelah parameter diubah akan dicoba dengan cara di dynotest beberapa kali hingga mendapatkan daya dan torsi yang optimal dan maksimum. Pada proses perubahan data dan melakukan dynotest secara berulang. Setelah mendapatkan hasil daya dan torsi dari percobaan tersebut kita melakukan analisa dan saran, lalu yang terakhir kesimpulan dari percobaan tersebut.

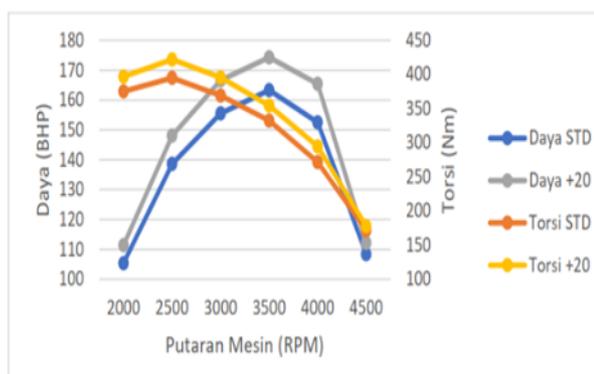
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dibagi menjadi 4 buah tahapan. Tahap pertama adalah menemukan performa kendaraan dalam kondisi standar atau normal. Tahap kedua adalah proses pemilihan parameter Fuel pressure yang paling baik. Tahap ketiga adalah menggunakan hasil fuel pressure yang terbaik digabungkan dengan parameter injection timing yang paling baik. Tahapan keempat adalah menentukan parameter tekanan turbo terbaik dari fuel pressure dan injection timing dari tahap kedua dan tahap ketiga.



Gambar 1. Uji Dyno Mesin Standar

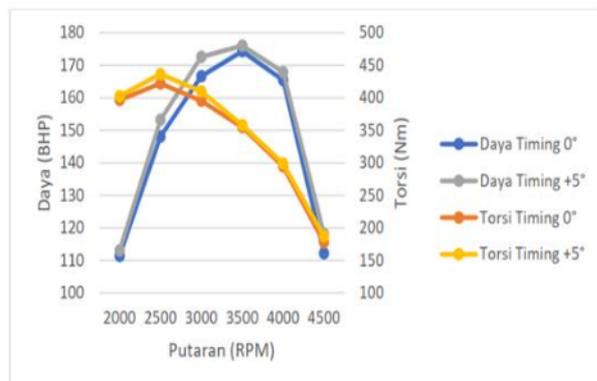
Pada gambar 1 menunjukkan bahwa daya tertinggi terletak pada RPM 3500 dengan nilai 163.4 HP, sedangkan nilai torsi tertinggi terletak pada RPM 2500 dengan nilai 394,9 Nm. Pada kondisi standar terlihat bahwa pada saat rpm 3500-4500 daya tidak mengalami peningkatan sedangkan pada saat rpm 2500-4500 torsi tidak mengalami kenaikan (terlihat dari bentuk grafik yang landai).



Gambar 2. Perbandingan Kinerja Mesin Diesel dengan Fuel Pressure Standard dan +20

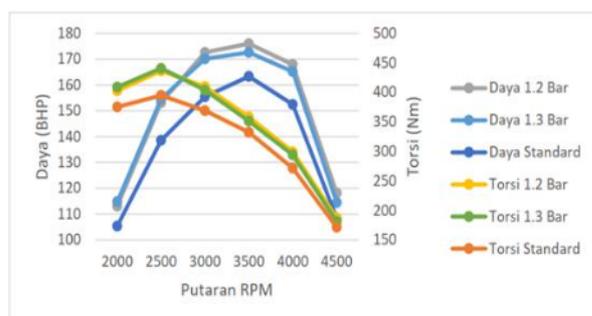
Pada gambar 2 terdapat perbandingan antara data standard dengan parameter fuel pressure +20 yang telah diuji. Dapat dilihat bahwa tidak ada perubahan pada daerah kerja optimal mesin namun hanya perubahan pada puncak kerja daya dan torsi. Peningkatan pada puncak kerja daya yang terdapat

pada 3500 rpm sebesar 7%. Sedangkan peningkatan pada puncak kerja torsi yang terdapat pada rpm 2500 sebesar 8%.



Gambar 3. Perbandingan Kinerja Mesin Diesel Injection Timing Bahan Bakar 0° dan +5°.

Pada gambar 3 terdapat perbandingan antara data standard dengan parameter injection timing +5° yang telah diuji. Dapat dilihat bahwa tidak ada perubahan pada daerah kerja optimal mesin namun terdapat perubahan pada puncak kerja daya dan torsi, terdapat sedikit perubahan pada karakter mesin setelah penambahan parameter injection timing +5°. Terjadinya perubahan karakter dapat dilihat pada rpm 2500 rpm hingga 3000 rpm bahwa pada garis daya dengan injection timing +5° di titik 2500 rpm dan 3000 rpm lebih landai daripada garis daya standard. Peningkatan pada puncak kerja daya yang terdapat pada 3500 rpm sebesar 7%. Sedangkan peningkatan pada puncak kerja torsi yang terdapat pada rpm 2500 sebesar 8%.



Gambar 4. Perbandingan Kinerja Mesin Diesel Tekanan Turbo Standard, 1.2 bar, dan 1.3 bar

Pada gambar 4 terdapat perbandingan antara data standard dengan parameter tekanan turbo 1.2 bar dan tekanan turbo 1.3 bar yang telah diuji. Dapat dilihat bahwa tidak ada perubahan pada daerah kerja optimal mesin namun hanya perubahan pada puncak kerja daya dan torsi. Peningkatan pada puncak kerja daya yang terdapat pada 3500 rpm sebesar 8%. Sedangkan peningkatan pada puncak kerja torsi yang terdapat pada rpm 2500 sebesar 10.5%.

Hasil pengujian fuel pressure menunjukkan bahwa ada peningkatan daya sebesar 7% dan torsi sebesar 8%. Pada pengujian fuel pressure tidak

mengalami perubahan pada daerah kerja optimal namun hanya terdapat perubahan pada puncak kerja daya dan torsi. Kemudian hasil pengujian injection timing menunjukkan bahwa ada peningkatan daya maksimal sebesar 8% dan torsi maksimal sebesar 11% tetapi juga terdapat penurunan daya sebesar 7.5% dan torsi sebesar 3% dibandingkan dengan kondisi standard. Pada pengujian injection timing tidak mengalami perubahan pada daerah kerja optimal namun hanya terdapat perubahan pada puncak kerja daya dan torsi. Dan pada parameter tekanan turbo terdapat peningkatan daya sebesar 8% dan torsi sebesar 12% dibandingkan dengan kondisi standard. Pada pengujian boost pressure tidak mengalami perubahan pada daerah kerja optimal namun hanya terdapat perubahan pada puncak kerja daya dan torsi.

## KESIMPULAN

Dampak tekanan turbo dan injection timing pada mesin 2GD-FTV diesel injeksi antara lain :

1. Performa kendaraan dapat meningkat Daya sebanyak 8% dan torsi sebanyak 11% saat dilakukan tuning parameter-parameter pada *piggyback*.
2. Hasil kombinasi terbaik dari tuning *piggyback* adalah menggunakan parameter Fuel pressure +20, parameter injection timing +5°, dan parameter turbo pressure 1.2 bar.
3. Hasil tuning Fuel pressure yang terbaik pada mobil Toyota Kijang Innova Reborn adalah Fuel pressure +20 pada RPM 2000-4000 yang menghasilkan daya maksimum 174.3 HP dan torsi maksimum 422 Nm.
4. Hasil tuning Injection Timing yang terbaik pada mobil Toyota Kijang Innova Reborn adalah Injection Timing +5° pada RPM 2000-4000 yang menghasilkan daya maksimum 176 HP dan torsi maksimum 436.5 Nm.
5. Hasil tuning Turbo pressure yang terbaik pada mobil Toyota Kijang Innova Reborn adalah Turbo pressure 1.2 bar pada RPM 2000-4000 yang menghasilkan daya maksimum 176 HP dan torsi 436.5 Nm. Karena terdapat penurunan daya pada turbo pressure 1.3 bar menjadi 172.6 HP namun terdapat peningkatan torsi sebesar 440.8 Nm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Heywood, J., 2018, *Internal Combustion Engine Fundamentals, 2nd Edition*, McGraw-Hill Education, United States.
- [2]. Prabowo, N. R., & Yuliono, N., 2014, Studi Eksperimental Pengaruh Timing Injection Terhadap Unjuk Kerja Motor Diesel 1 Silinder Putaran Konstan Dengan Bahan Bakar Bio Solar. Simposium Nasional RAPI XIII - 2014 FT UMS, 1-8.

- [3]. Anggono, W., Ichianagi, M., Tanuwijaya, D.V., Danu, J. D., Yilmaz, E., Chen, H., Gotama, G.J., Suzuki, T. et Al., 2020, Effect of Boost Pressure and Injection Strategy to The In-Cylinder Pressure and Heat Release Rate of Direct Injection Diesel Engine, *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 15, No. 5 pp 3355-3374.
- [4]. Singh, M., & Sandhu, S.S., 2021, *Effect of boost pressure on combustion, performance and emission characteristics of a multicylinder CRDI engine fueled with argemone biodiesel/diesel blend*, Fuel 300 121001.
- [5]. Carriero, M., Baldini, G., Castellano, P., Vermeulen, R., Kontses, D., Fragkiadoulakis, P., Samaras, Z., Fontaras, G., et. Al, 2022, *Effect of Tampering on On-Road and Off-Road Diesel Vehicle Emissions*, Sustainability 14, 6065.
- [6]. Tutak, W., Jamrozik, A., Bereczky, A., & Lucaks, K., 2016, *Effect of Injection Timing of Diesel Fuel on Performance and Emission of Dual Fuel Diesel Engine Powered by Diesel/E85 Fuels*, Transport 33, pp 633-644.
- [7]. Christian, J., Sutrisno, T., & Philip, K., 2019. *Re-Mapping Engine Control Unit (ECU) Kendaraan Mobil*. Tugas Akhir-Universitas Kristen Petra.