

# ANALISIS PENGARUH VARIASI PENYETELAN TEKANAN INJEKTOR *COMMON RAIL* TERHADAP PERFORMA MESIN

RISKY FIRMAN SAIFULLAH  
SIGIT HERNOWO

Program Studi Diploma IV Teknik Mesin  
Politeknik Saint Paul Sorong

Email: [sghernowo219@gmail.com](mailto:sghernowo219@gmail.com); [riskyfirmansaifullah@gmail.com](mailto:riskyfirmansaifullah@gmail.com)

## ABSTRAK

*Sistem common rail pada mesin diesel memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan efisiensi pembakaran melalui pengontrolan tekanan dan waktu injeksi bahan bakar secara elektronik. Kinerja injektor yang tidak optimal dapat menyebabkan pengabutan yang buruk dan penurunan performa mesin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi penysetelan tekanan injektor terhadap volume bahan bakar yang disemprotkan serta menghitung nilai daya input mesin yang dihasilkan secara teoritis. Penelitian ini menerapkan metode eksperimen menggunakan alat uji CR-C common rail injector drive dan injector tester. Pengujian dilakukan pada injektor dengan tiga variasi tekanan injeksi, yaitu 30 MPa, 45 MPa, dan 50 MPa. Adapun parameter elektronik disetel pada frekuensi 20 Hz dengan durasi injeksi (pulse width) sebesar 5,0 ms. Data yang diambil adalah volume semprotan bahan bakar, yang selanjutnya dianalisis untuk menghitung laju aliran massa dan daya input mesin berdasarkan nilai kalor bawah (LHV) bahan bakar solar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan berbanding lurus antara kenaikan tekanan injektor dengan volume bahan bakar dan daya input mesin. Pada tekanan 30 MPa diperoleh daya input sebesar 100,21 kW. Pada tekanan 45 MPa terjadi peningkatan daya menjadi 207,24 kW. Nilai tertinggi dicapai pada tekanan 50 MPa dengan daya input sebesar 237,94 kW. Dapat disimpulkan bahwa pengujian pada tekanan 50 MPa menghasilkan performa daya input paling optimal dalam rentang pengujian ini karena menghasilkan volume injeksi bahan bakar yang lebih besar.*

**Kata Kunci :** *Mesin Diesel, Common Rail, Tekanan Injektor, Daya Mesin, Volume Bahan Bakar.*

## ABSTRACT

The common rail system in diesel engines plays a crucial role in determining combustion efficiency by electronically controlling fuel injection pressure and timing. Suboptimal injector performance can cause poor atomization and decreased engine performance. This study aims to analyze the effect of variations in injector pressure settings on the volume of injected fuel and to calculate the theoretical engine input power produced. This study applied an experimental method using a CR-C common rail injector drive and an injector tester. The test was conducted on an injector with three variations of injection pressure, namely 30 MPa, 45 MPa, and 50 MPa. The electronic parameters were set at a frequency of 20 Hz with an injection duration (pulse width) of 5.0 ms. The data collected was the volume of fuel spray, which was then analyzed to calculate the mass flow rate and engine input power based on the lower heating value (LHV) of diesel fuel. The results showed that there is a directly proportional relationship between the increase in injector pressure with fuel volume and engine input power. At a pressure of 30 MPa, an input power of 100.21 kW was obtained. At a pressure of 45 MPa, there was an increase in power to 207.24 kW. The highest value was achieved at a pressure of 50 MPa with an input power of 237.94 kW. It can be concluded that testing at a pressure of 50 MPa produces the most optimal input power performance in this test range because it produces a larger fuel injection volume.

**Keywords:** *Diesel Engine, Common Rail, Injector Pressure, Engine Power, Fuel Volume*

## PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi otomotif saat ini salah satu alat transportasi darat yang

sangat dibutuhkan adalah mobil. Dalam dunia transportasi dan industri, peran mobil sangat dibutuhkan. Keberadaan mesin diesel *common rail* pada mobil memiliki peran yang sangat

penting. Agar performa operasional dapat tetap stabil, maka mesin tersebut perlu dirawat secara rutin dan terencana guna menjaga stabilitas pada operasional. Kinerja pembakaran di dalam mesin diesel *common rail* sangat menentukan daya yang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam ruang bakar.

Pembakaran pada mesin diesel *common rail* merupakan proses di mana bahan bakar diesel diinjeksikan langsung ke dalam ruang bakar dengan tekanan tinggi, hal ini memungkinkan kontrol elektronik dengan sangat presisi. Pengaturan ini dilakukan oleh ECU (*Electronic Control Unit*), sehingga pembakaran pada mesin dapat menghasilkan efisiensi yang tinggi, tenaga mesin yang lebih baik, konsumsi bahan bakar yang lebih hemat, dan emisi gas buang yang rendah dibandingkan dengan mesin diesel konvensional.

Salah satu komponen pada mesin diesel *common rail* yang dapat mempengaruhi proses pembakaran adalah injektor. Injektor berfungsi untuk menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Keberhasilan pembakaran di dalam ruang bakar sangat dipengaruhi oleh bahan bakar yang disemprotkan oleh injektor. Jika injektor mampu menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk kabut halus, maka pencampuran bahan bakar dengan udara akan lebih merata, sehingga pembakaran di dalam ruang bakar akan berlangsung dengan lebih sempurna. Sebaliknya, jika injektor mengalami gangguan dan tidak berfungsi dengan baik, maka penyemprotan bahan bakar tidak akan optimal. Akibatnya, proses pembakaran di ruang bakar akan terganggu dan mengakibatkan penurunan performa pada mesin secara keseluruhan.

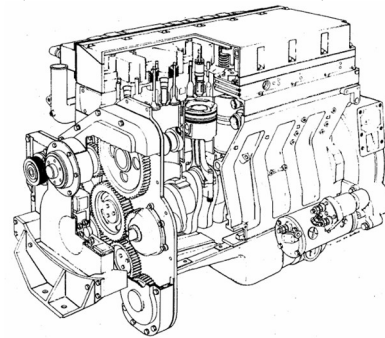
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung nilai daya *input* mesin yang dihasilkan pada setiap variasi tekanan injektor, menganalisis pengaruh variasi tekanan injektor terhadap volume bahan bakar yang disemprotkan, serta menganalisis tingkat tekanan yang menghasilkan performa daya *input* mesin tertinggi dan karakteristik hubungannya secara keseluruhan.

## KAJIAN PUSTAKA

### Mesin Diesel

Mesin diesel merupakan motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dimana pada proses pengapiannya tidak menggunakan loncatan bunga api. Konsep pembakaran mesin

diesel terjadi pada saat udara di dalam ruang bakar di kompresi hingga tekanannya sangat tinggi oleh piston. Setelah itu, bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar melalui injektor. Akibatnya, bahan bakar langsung terbakar saat bercampur dengan udara panas tersebut (Utsman Baridhono, 2018).

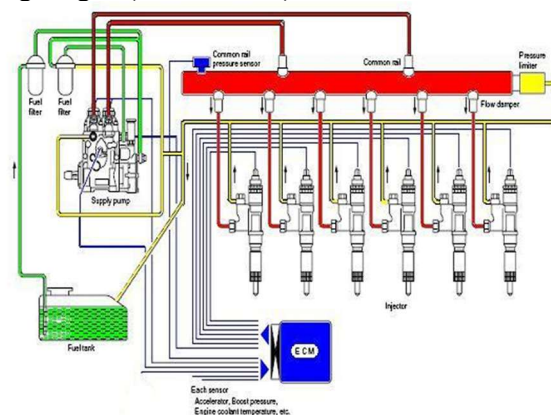


Gambar 1. Mesin Diesel

Sumber: (Heywood, 1988)

### Sistem Common Rail

Mesin *common rail* adalah mesin yang bekerja dikontrol secara elektronik dengan tekanan bahan bakar sekitar 30 MPa sampai 180 MPa pada *supply pump*, kemudian tekanan bahan bakar akan diinjeksikan oleh injektor yang dikontrol oleh sebuah *engine control module*. Manfaat yang besar dengan mesin *common rail* adalah konsumsi bahan bakar yang irit dan menghasilkan sisa gas buang yang ramah lingkungan (Denur, 2016).



Gambar 2. Sistem Common Rail

Sumber: (Rasma et al., 2024)

### CR-C Common Rail Injector Drive

CR-C *injector common rail* merupakan sebuah alat elektronik yang dirancang untuk memberikan kendali yang presisi terhadap injektor pada sistem *common rail*. Fungsi utama pada CR-C *common rail* adalah untuk

menyimulasikan sinyal ECU, sehingga memungkinkan injektor dapat diuji secara akurat diluar mesin (Liu et al., 2019). Dalam pengujian sistem injeksi, *injector drive* memerlukan pengaturan dua parameter elektronik utama yaitu:

1. Durasi Injeksi (ms)  
Durasi injeksi (*pulse width*) merupakan parameter elektronik yang berfungsi untuk mengontrol kuantitas atau massa bahan bakar yang disemprotkan oleh injektor.
2. Frekuensi Injeksi (Hz)  
Frekuensi injeksi merupakan parameter yang menentukan jumlah siklus penyemprotan yang dilakukan oleh injektor dalam satu detik. Parameter frekuensi ini secara langsung merepresentasikan dan menyimulasikan kecepatan putaran mesin atau RPM (*Revolutions Per Minute*).

### Bahan Bakar

Solar merupakan bahan bakar yang dihasilkan melalui proses penyulingan minyak bumi pada suhu sekitar 250-340 °C. bahan bakar ini khusus digunakan untuk mesin diesel. Kualitas bahan bakar solar diukur menggunakan bilangan setana, yaitu angka yang menunjukkan seberapa mudah bahan bakar menyala dan terbakar di dalam mesin. Menurut karakteristik utama dari bahan bakar diesel adalah sebagai berikut (Kausar, 2018):

1. Secara umum, bahan bakar diesel memiliki sifat tidak berwarna atau sedikit berwarna kekuningan dan memiliki aroma khas.
2. Bersifat encer dan tidak mudah mengalami penguapan pada suhu ruang.
3. Memiliki titik nyala yang cukup tinggi, berkisar antara 40 hingga 100 °C.
4. Dapat terbakar secara spontan pada suhu sekitar 350 °C, sedikit lebih rendah dibandingkan bensin.
5. Memiliki berat jenis sekitar 0,82  $g/cm^3$  hingga 0,86  $g/cm^3$ .
6. Menghasilkan energi panas yang cukup besar (nilai kalor), sekitar 10.500 kcal/kg.
7. Mengandung kandungan sulfur dalam jumlah yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakar bensin.
8. Tersusun dari rantai hidrokarbon dengan jumlah atom karbon antara  $C_{14} - C_{18}$ .

### Rumus Untuk Mencari Daya Input

Rumus untuk mencari daya *input* yang dihasilkan oleh injektor sebagai berikut:

#### **Rumus untuk mencari volume bahan bakar rata-rata**

Rumus untuk mencari volume bahan bakar rata-rata sebagai berikut: (Heywood, 1988)

$$\dot{V} = \frac{V_{total}}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

- $\dot{V}$  = volume bahan bakar rata-rata (mL).
- $V_{total}$  = volume bahan bakar yang disemprotkan oleh injektor.
- $n$  = jumlah percobaan.

#### **Rumus untuk menghitung volume total bahan bakar yang keluar per detik**

Rumus menghitung volume total bahan bakar yang keluar per detik sebagai berikut: (Heywood, 1988)

$$V_{total/detik} = V_{injeksi} \times f \quad (2)$$

Keterangan:

- $V_{total/detik}$  = volume bahan bakar yang keluar per detik (mL/s).
- $V_{injeksi}$  = volume rata-rata per satu kali injeksi (mL).
- $f$  = frekuensi (Hz).

#### **Rumus untuk menghitung laju aliran massa bahan bakar**

Rumus untuk menghitung laju aliran massa bahan bakar sebagai berikut: (Rosyidin et al., 2020)

$$\dot{m} = V_{total/detik} \times \rho \quad (3)$$

Keterangan:

- $\dot{m}$  = laju aliran massa bahan bakar solar (kg/s).
- $V_{total/detik}$  = volume bahan bakar yang keluar per detik ( $m^3/s$ ).
- $\rho$  = massa jenis bahan bakar solar ( $kg/m^3$ ).

### Rumus untuk mencari nilai daya yang masuk

Rumus untuk mencari nilai daya yang masuk sebagai berikut: (Heywood, 1988)

$$P_{in} = \dot{m} \times LHV \quad (4)$$

Keterangan:

- $P_{in}$  = daya masuk dari bahan bakar (kW).  
 $\dot{m}$  = laju aliran massa bahan bakar solar (kg/s).  
 LHV = nilai LHV bahan bakar (kJ/kg).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini meliputi metode kepustakaan, dimana sumber-sumber pustaka diambil dari buku-buku referensi, jurnal-jurnal penelitian dan media elektronik lainnya yang relevan dengan sistem injeksi *common rail*, tekanan injektor, dan performa daya mesin. Selain itu, menggunakan metode eksperimen dengan melakukan proses pengambilan data menggunakan *injector tester*.

### Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan untuk mengumpulkan data sebagai berikut:

1. Siapkan alat *injector tester*, dan alat CR-C *common rail*;
2. Mengisi bahan bakar solar di dalam tangki *injector tester*;
3. Pasang injektor pada alat uji *injector tester* dan arahkan ujung injektor ke gelas ukur;
4. Atur pengaturan pada CR-C *common rail* untuk nilai Hz = 20 Hz, dan ms = 5,0 ms;
5. Melakukan pengujian tekanan injektor pada tekanan 30 MPa;
6. Operasikan pompa tuas *injector tester* sebanyak 12 kali pada tekanan 30 MPa sebanyak 5 kali pengujian;
7. Ukur jumlah solar yang terkumpul di gelas ukur;
8. Catat hasil pengujian;
9. Ulangi langkah ke-2 sampai langkah ke-8 untuk pengujian tekanan 45 MPa, dan 50 MPa.

## PEMBAHASAN

### Spesifikasi Alat Tes Injektor *Common Rail*

Spesifikasi alat tes injektor *common rail* yang digunakan dalam penelitian adalah:

Tabel 1. Spesifikasi Alat Uji Injektor *Common Rail*

KOMPONEN ALAT		UKURAN
CR-C <i>common rail injector drive</i>	Panjang	110 mm
	Lebar	250 mm
	Tinggi	190 mm
	Berat	2 kg
	Tegangan listrik	AC110V-AC220V
	Suhu kerja	-30 °C-70 °C
<i>Injector tester</i>	Kisaran tekanan	0-60 MPa
	Berat	3,8 kg
	Bahan tangki	Plastik
Injektor	Merek	Denso
	Tipe	1465A041
	Jenis	Injektor <i>common rail</i>
	Jumlah lubang	6 lubang
Gelas ukur	Jenis	Gelas ukur silinder
	Kapasitas maksimum	10 mL
	Ketelitian	2 mL
	Toleransi	±0,2 mL
	Suhu kalibrasi	20 °C
Bahan		Kaca
Rangka	Panjang	1100 mm
	Lebar	550 mm
	Tinggi	744 mm
Dudukan CR-C <i>common rail injector drive</i>	Panjang	300 mm
	Lebar	250 mm
	Tinggi	200 mm

### Data Pengujian

Pengambilan data ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya *input* secara teoritis dari bahan bakar yang diinjeksikan oleh injektor berdasarkan tiga variasi tekanan. Data hasil penelitian sebagai berikut:

#### Pengujian pada Tekanan 30 MPa

Pengambilan data tekanan untuk 30 MPa dilakukan dengan menggunakan pengaturan pada alat CR-C *common rail* pada nilai frekuensi 20 Hz dan durasi sinyal 5,0 ms.

Tabel 2. Pengambilan Data pada Tekanan 30 MPa

NO	JUMLAH PENEKANAN (kali)	TEKANAN (MPa)	VOLUME (mL)
1	12	30	1,8
2	12	30	1,8

NO	JUMLAH PENEKANAN (kali)	TEKANAN (MPa)	VOLUME (mL)
3	12	30	1,6
4	12	30	1,6
5	12	30	1,6

### Pengujian pada Tekanan 45 MPa

Pengambilan data untuk tekanan 45 MPa dilakukan dengan menggunakan pengaturan pada alat CR-C *common rail* pada nilai frekuensi 20 Hz dan durasi sinyal 5,0 ms.

Tabel 3. Pengambilan Data pada Tekanan 45 MPa

NO	JUMLAH PENEKANAN (kali)	TEKANAN (MPa)	VOLUME (mL)
1	12	45	3,8
2	12	45	3,2
3	12	45	3,6
4	12	45	3,2
5	12	45	3,2

### Pengujian pada Tekanan 50 MPa

Pengambilan data untuk tekanan 50 MPa dilakukan dengan menggunakan pengaturan pada alat CR-C *common rail* pada nilai frekuensi 20 Hz dan durasi sinyal 5,0 ms.

Tabel 4. Pengambilan Data pada Tekanan 50 MPa

NO	JUMLAH PENEKANAN (kali)	TEKANAN (MPa)	VOLUME (mL)
1	12	50	4
2	12	50	3,8
3	12	50	4
4	12	50	4
5	12	50	4

### Perhitungan Daya Input

Dibawah ini merupakan data yang digunakan sebagai parameter untuk perhitungan daya *input* pada mesin:

Tabel 5. Perhitungan Daya Input

NO	DATA	NILAI
1	Frekuensi injeksi (Hz)	20 Hz
2	Durasi injeksi (ms)	5,0 ms
3	Densitas bahan bakar solar	0,85 g/cm <sup>3</sup> = 850 kg/m <sup>3</sup>
4	Nilai kalor pembakaran (LHV)	42642,47 kJ/kg

NO	DATA	NILAI
5	Konversi volume 1 mL	0,001 L

Untuk mengetahui daya *input* mesin, dilakukan perhitungan bertahap mulai dari menghitung volume rata-rata hingga daya *input* berdasarkan data pada tabel di atas. Berikut adalah uraian perhitungan secara rinci pada setiap tekanan:

### Menghitung Volume Bahan Bakar Rata-rata

1. Tekanan 30 MPa

$$V_1 = \frac{V_1}{12} = \frac{1,8}{12} = 0,15 \text{ mL}$$

Tabel 6. Volume Rata-Rata pada Tekanan 30 MPa

$V_{\text{total}}$ (mL)	$n$	$\bar{V}_i$ (mL)
1,8	12	0,15
1,6	12	0,13
1,6	12	0,13
1,6	12	0,13

$$\begin{aligned} \bar{V} &= \frac{V_{\text{total}}}{n} = \frac{0,15 + 0,15 + 0,13 + 0,13 + 0,13}{5} \\ &= \frac{0,69}{5} \\ \bar{V} &= 0,138 \text{ mL} \end{aligned}$$

Di mana,

$$V_1 = 1,8 \text{ mL}$$

$$V_2 = 1,8 \text{ mL}$$

$$V_3 = 1,6 \text{ mL}$$

$$V_4 = 1,6 \text{ mL}$$

$$V_5 = 1,6 \text{ mL}$$

Penekanan = 12 kali tekan

Dengan demikian, volume rata-rata pada tekanan 30 MPa sebesar 0,138 mL.

2. Volume rata-rata pada tekanan 45 MPa, dan 50 MPa

Tabel 7. Volume Rata-Rata pada Tekanan 45 MPa dan 50 MPa

TEKANAN (MPa)	VOLUME RATA-RATA (mL)
45	0,286
50	0,328

Dengan demikian, diperoleh volume rata-rata pada tekanan 45 MPa sebesar 0,286 mL dan volume rata-rata pada tekanan 50 MPa sebesar 0,328 mL.

### Menghitung Volume Total Bahan Bakar per Detik

1. Tekanan 30 MPa

$$V_{\text{total/detik}} = V_{\text{injeksi}} \times f$$

$$V_{\text{total/detik}} = 0,138 \text{ mL} \times 20 \text{ Hz}$$

$$= 2,76 \text{ mLHz} = 2,76 \text{ mL/s}$$

Di mana,

$$V_{\text{injeksi}} = 0,138 \text{ mL}$$

$$f = 20 \text{ Hz}$$

Dengan demikian, volume per detik pada tekanan 30 MPa sebanyak 2,76 mL/s.

- Volume total bahan bakar per detik pada tekanan 45 MPa dan 50 MPa

Tabel 8. Volume Bahan Bakar per Detik pada Tekanan 45 MPa dan 50 MPa

TEKANAN (MPa)	VOLUME BAHAN BAKAR PER DETIK (mL/s)
45	5,72
50	6,56

### Menghitung Laju Aliran Massa Bahan Bakar

- Tekanan 30 MPa

$$\dot{m} = V_{\text{total/detik}} \times \rho$$

$$\dot{m} = 2,76 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \times 850 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,00235 \text{ kg/s}$$

Di mana,

$$V_{\text{total/detik}} = 2,76 \text{ mL/s}$$

$$= 2,76 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho = 0,85 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 850 \text{ kg/m}^3$$

Dengan demikian, laju aliran massa bahan bakar pada tekanan 30 MPa adalah 0,00235 kg/s.

- Laju aliran massa bahan bakar pada tekanan 45 MPa dan 50 MPa

Tabel 9. Laju Aliran Massa Bahan Bakar pada Tekanan 45 MPa dan 50 MPa

TEKANAN (MPa)	LAJU ALIRAN MASSA BAHAN BAKAR (kg/s)
45	0,00486
50	0,00558

### Menghitung Daya Input

- Daya input pada tekanan 30 MPa

$$P_{\text{in}} = \dot{m} \times \text{LHV}$$

$$P_{\text{in}} = 0,00235 \text{ kg/s} \times 42642,47 \text{ kJ/kg}$$

$$P_{\text{in}} = 100,21 \text{ kW}$$

Di mana,

$$\dot{m} = 0,00235 \text{ kg/s}$$

$$\text{LHV} = 42642,47 \text{ kJ/kg}$$

Dengan demikian daya input pada tekanan injektor 30 MPa menghasilkan daya sebesar 100,21 kW.

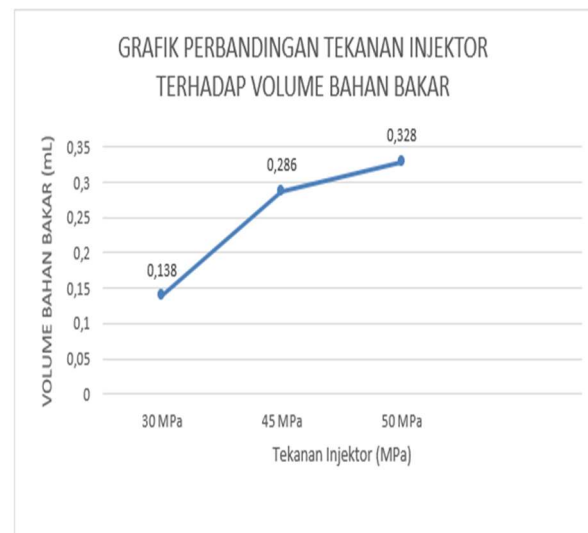
- Daya input pada tekanan 45 MPa dan 50 MPa

Tabel 10. Daya Input pada Tekanan 45 MPa dan 50 MPa

TEKANAN (MPa)	DAYA INPUT (kW)
45	207,24
50	237,94

### Perbandingan Daya Input Mesin

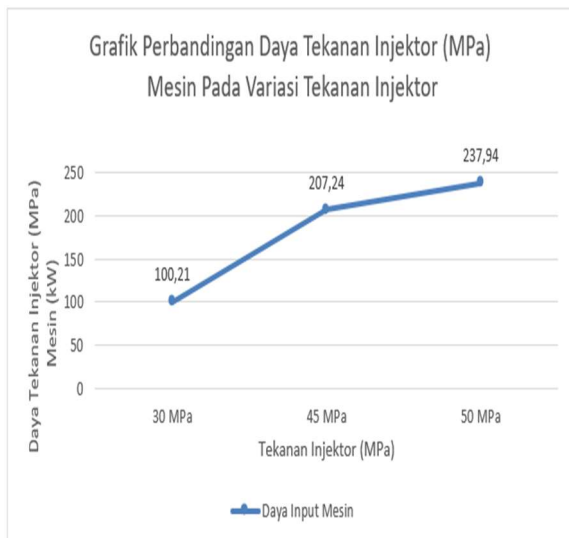
Grafik berikut ini mengilustrasikan hasil perbandingan tekanan injektor dengan volume rata-rata bahan bakar:



Gambar 3. Grafik Perbandingan Tekanan terhadap Volume Bahan Bakar

Berdasarkan data pada grafik di atas, terlihat kenaikan volume injeksi seiring dengan peningkatan tekanan. Pada tekanan 30 MPa, volume bahan bakar rata-rata yang dihasilkan sebesar 0,138 mL. Namun, seiring dengan peningkatan tekanan injeksi ke 45 MPa volume rata-rata bahan bakar yang disemprotkan sebanyak 0,286 mL dan pada tekanan 50 MPa volume bahan bakar rata-rata mengalami kenaikan sebanyak 0,328 mL. Hal ini menunjukkan bahwa variasi tekanan injektor berpengaruh langsung terhadap kuantitas bahan bakar yang disemprotkan ke dalam ruang bakar.

Berikut ini merupakan grafik perbandingan daya input mesin pada variasi tekanan injektor:



Gambar 4. Grafik Perbandingan Daya Input Mesin

Berdasarkan grafik di atas, dapat dianalisis bahwa terdapat hubungan yang kuat antara tekanan injektor dengan daya input pada mesin, di mana daya terus meningkat seiring kenaikan tekanan. Pada tekanan 30 MPa, daya tercatat sebesar 100,21 kW, kemudian meningkat signifikan menjadi 207,24 kW pada 45 MPa, dan mencapai puncaknya sebesar 237,94 kW pada 50 MPa. Kenaikan daya input ini disebabkan oleh proses pengabutan yang lebih baik pada tekanan yang lebih tinggi. Tekanan tinggi menghasilkan kabut bahan bakar yang lebih halus dan merata. Pembakaran dari campuran yang homogen seperti ini akan berlangsung jauh lebih sempurna dan optimal, yang secara langsung memaksimalkan pelepasan energi (potensi daya) dari bahan bakar.

## PENUTUP

Berdasarkan analisis data dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi tekanan injeksi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap volume bahan bakar yang disemprotkan. Terbukti bahwa peningkatan tekanan dari 30 MPa ke 45 MPa dan ke 50 MPa secara konsisten menghasilkan volume semprotan bahan bakar yang terus meningkat pada setiap pengujian.
2. Daya input mesin teoritis yang dihitung menunjukkan tren kenaikan, dimulai dari 100,21 kW pada 30 MPa, meningkat menjadi 207,24 kW pada 45 MPa, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 237,94 kW pada 50 MPa.

3. Dari ketiga variasi yang diuji, performa daya input mesin tertinggi dicapai pada penyetelan tekanan 50 MPa, yang menghasilkan nilai daya input sebesar 237,94 kW.
4. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa kenaikan tekanan injektor berbanding lurus dengan kenaikan daya input mesin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baridhono, U. (2018). *ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN CASTOR OIL PADA SOLAR TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL DENGAN VARIASI RASIO KOMPRESI*.
- Denur, S. (2016). *Analisa Kerja Injector Terhadap Performace Engine pada Mesin Isuzu Cyz 51. Vol. 1 No. 4*, 64–74.
- Heywood, J. B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-Hill Book Company.
- Kausar, T. (2018). *Kajian Minyak Solar Dari Hasil Penyulingan Tradisional (Studi kasus pertambangan minyak tradisional di Desa Pasir Putih Aceh Timur)*. 4(1). <http://ichsanrizqia17994.weebly.com/uploads/rig.jpg>
- Liu, E., & Su, W. (2019). Study on effects of common rail injector drive circuitry with different freewheeling circuits on control performance and cycle-by-cycle variations. *Energies*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/en12030564>
- Rasma, Diana, A., & Mahendra, B. (2024). *ANALISA PEMERIKSAAN ENGINE TIDAK BERFUNGSI SYSTEM COMMON RAIL INJECTION PADA UNIT HM 400-1*.
- Rosyidin, A., Effendi, Y., & Fajri, M. (2020). *ANALISIS PENGARUH TEKANAN INJECTOR TERHADAP PERFORMA ENGINE PADA GOKART URBAN DIESEL KONTES MOBIL HEMAT ENERGI (KMHE) RISET DIKTI*. 4(2).