



## Performa motor bakar silinder tunggal dengan variasi angka oktan bahan bakar dan tekanan kompresi

*Single cylinder combustion engine performance with variation in fuel octane number and compression pressure*

**B. Rahmat\*<sup>1</sup>, M.B.R. Wijaya<sup>2</sup>, Y.B. Wirawan<sup>3</sup>, F.Z. Bahtiar<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Produksi Furnitur, Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu, Jalan Wanamarta Raya No. 20, Kendal 513715, Indonesia. HP. 085641391313

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunung Pati, Kota Semarang 50229, Indonesia.

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Keselamatan, Universitas Ivet, Jl. Pawiyatan Luhur IV No.16, Bendan Duwur, Gajahmungkur, Kota Semarang 50235, Indonesia.

<sup>4</sup>Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Otomotif, Universitas Ivet, Jl. Pawiyatan Luhur IV No.16, Bendan Duwur, Gajahmungkur, Kota Semarang 50235, Indonesia.

\*E-mail: [bahtiar.rahmat@poltek-furnitur.ac.id](mailto:bahtiar.rahmat@poltek-furnitur.ac.id)

---

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

---

#### Article History:

Received 04 August 2023

Accepted 31 January 2024

Available online 01 April 2024

---

#### Keywords:

Performance

Octane number

Compression pressure



*In recent times, automobile and motorcycle manufacturers have been focusing on producing powerful and efficient engines. These engines are designed with high compression pressure to achieve better performance and fuel economy when using gasoline. However, it's not widely known that high-compression engines require gasoline with a high octane number. The purpose of this study was to investigate the impact of different compression pressures on the power and torsion output of a single-cylinder combustion engine, using RON 92, RON 95 and RON 100 gasoline. To modify the compression pressure, different numbers of gaskets are used on the cylinder head. Each with a quantity of 1 gasket, 2 gaskets, and 3 gaskets. This is done to manipulate the combustion chamber volume of the motorcycle engine, resulting in changes in the compression pressure values. The researchers conducted dynamometer tests to measure the performance differences, including power and torque output. The findings revealed that the engine with the highest compression pressure (11.8 kg/cm<sup>2</sup>), fueled with Pertamina racing gasoline (RON 100), delivered the highest power output of 7.8 kW, with the highest torsion output of 10 Nm. On the other hand, the engine with the lowest compression pressure (10 kg/cm<sup>2</sup>), fueled with Pertamina gasoline (RON 92), produced the lowest power output of 4.2 kW, with the lowest torsion output of 3.8 Nm.*

## 1. PENDAHULUAN

Mesin pembakaran dalam (*Internal combustion engine*) merupakan suatu perangkat yang mengubah energi panas atau energi termal menjadi energi mekanik (Heywood, 1988). Faktor-faktor yang berpengaruh pada kinerja mesin pembakaran dalam diantaranya adalah kualitas bahan bakar yang digunakan dan tekanan kompresi dalam mesin (Taylor, 1985). Penggunaan bahan bakar yang kurang berkualitas, bisa berakibat pada kinerja mesin bisa menurun dan konsumsi bahan bakar meningkat (Pulkrabek, 1997). Mesin pembakaran dalam yang umumnya digunakan pada sepeda motor dan mobil memiliki komponen silinder yang berisi piston atau torak yang bergerak maju dan mundur (Ferguson dan Kirkpatrick, 2015).

Motor empat langkah memerlukan dua putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus di dalam silinder. Dengan kata lain, setiap silinder memerlukan empat langkah torak selama dua putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu kali siklusnya (Kristanto, 2015). Unjuk kerja atau performa sebuah mesin bergantung pada efisiensi pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar. Pada mesin yang memiliki tekanan kompresi tinggi dan penggunaan bahan bakar berkualitas baik, akan menghasilkan performa mesin yang optimal (Maurya dan Agarwal, 2011).

Data dari Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISII) menunjukkan bahwa jumlah penjualan sepeda motor mengalami peningkatan pada tahun 2019, dengan total 1.100.950 unit terjual, naik sebanyak 19,4% dari tahun sebelumnya yang mencatat 922.123 unit terjual. Kendaraan bermotor ini merupakan konsumen terbesar bahan bakar di sektor transportasi, terutama bensin (Octa, 2019). Saat ini, ada beberapa penyedia bensin baik dari pemerintah maupun swasta yang menyediakan berbagai jenis pilihan bahan bakar. Jenis bensin ini diklasifikasikan berdasarkan nilai oktan (*Research Octane Number/ RON*). Terdapat beberapa variasi nilai RON bahan bakar bensin yang ada di Indonesia yakni meliputi; RON 90, RON 92, RON 95, bahkan RON 100 (Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi, 2018).

Hasil studi yang dilakukan oleh Jiang dan rekan-rekannya menunjukkan bahwa untuk mencapai efisiensi daya yang tinggi dan emisi *Nitrogen Oxide* (NO<sub>x</sub>) yang rendah pada mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), perlu mengatur komponen *Exhaust gas recirculation* (EGR) dan memilih bahan bakar yang memiliki angka oktan yang sesuai. Pentingnya pemilihan bahan bakar dengan angka oktan yang tepat sangat berpengaruh dalam mencapai keluaran daya yang optimal dengan tingkat emisi gas buang yang rendah (Jiang dkk., 2019).

Studi lain yang dilakukan oleh Fernandez dan rekan-rekannya berjudul "*Improving fuel economy and engine performance through gasoline fuel octane rating*" menemukan bahwa penggunaan bahan bakar dengan angka oktan yang lebih baik secara signifikan meningkatkan daya yang dihasilkan oleh kendaraan dan memperpendek waktu akselerasi. Selain itu, penggunaan bahan bakar dengan angka oktan yang lebih tinggi juga mengurangi konsumsi bahan bakar, sehingga secara aktif membantu mengurangi emisi gas buang dari kendaraan (Rodríguez-Fernández, dkk., 2020).

Saat ini, produsen otomotif untuk sepeda motor maupun mobil telah memproduksi mesin dengan tekanan kompresi yang tinggi untuk mencapai performa yang lebih baik. Namun, masih banyak konsumen yang belum menyadari bahwa mesin dengan tekanan kompresi tinggi memerlukan bahan bakar dengan angka oktan yang tinggi agar mencapai performa mesin yang optimal. Hal ini tercermin dari data statistik terbaru yang dirilis oleh Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi, yang menunjukkan bahwa penjualan bensin RON 90 masih jauh lebih tinggi dibandingkan dengan penjualan bensin RON 92 dan 95. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa banyak konsumen yang masih memilih menggunakan bensin dengan angka oktan rendah pada mesin kendaraan masa kini, meskipun kendaraan tersebut cenderung memiliki tekanan kompresi yang tinggi (Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi, 2021).

Beberapa studi juga telah dilakukan dengan maksud untuk mengurangi ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil, diantaranya seperti yang telah dilakukan oleh Setiawan dkk, dimana penambahan etanol dan HHO pada bensin RON 92 mampu meningkatkan performa mesin dan di sisi lain juga mampu menurunkan konsentrasi emisi gas buang (Setiawan dkk., 2022). Mara dan rekan-rekan melaporkan jika penambahan medan magnet pada jalur suplai bahan bakar mampu meningkatkan kualitas dari bahan bakar tersebut, sehingga secara aktif menurunkan kadar emisi berupa CO (*Carbon-Monoxide*) dan HC (*Hydrocarbon*) dengan nilai yang cukup signifikan (Mara dkk., 2022).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, akan dilakukan pengujian performa pada sebuah mesin silinder tunggal dengan nilai tekanan kompresi berbeda, yaitu 11,8 kg/cm<sup>2</sup>, 11 kg/cm<sup>2</sup>, dan 10 kg/cm<sup>2</sup>. Pengujian ini akan menggunakan tiga jenis bahan bakar, yakni: Pertamina (RON 92), Pertamina Plus (RON 95) dan Pertamina Racing (RON 100) dengan tujuan untuk mengamati perbedaan daya dan torsi yang dihasilkan dari masing-masing pengujian. Diharapkan hasil dari pengujian ini akan memberikan data terbaru terkait pengaruh dari pemilihan oktan bahan bakar dan besaran tekanan kompresi mesin terhadap daya dan torsi yang dihasilkan. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian kali ini akan melihat perbandingan terbalik dari efek penggunaan bensin dengan angka oktan yang lebih tinggi pada mesin dengan tekanan kompresi yang lebih rendah yakni dengan metode menambahkan jumlah gasket pada kepala silinder mesin.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen pada sebuah sepeda motor dengan mesin silinder tunggal berkapasitas 125 cc. Pemilihan mesin ini didasarkan pada popularitas kendaraan di Indonesia yang menggunakan mesin silinder tunggal dengan kapasitas 125 cc. Untuk mengatur tekanan kompresi pada mesin, digunakan gasket pada kepala silinder dengan tiga variasi, yakni; satu gasket, dua gasket, dan tiga gasket. Penambahan gasket pada kepala silinder menyebabkan perubahan volume ruang bakar, yang berpengaruh pada nilai tekanan kompresi. Pengaturan *main jet*, *pilot jet*, dan jumlah putaran *idle screw* pada karburator dijaga tetap sama dalam seluruh pengujian. Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara langsung untuk menyimpulkan hasilnya. Kemudian untuk mempermudah pembacaan hasil pengujian, data akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel.

Prinsip kerja *dynamometer* adalah untuk mengukur daya, torsi, atau tenaga mesin atau kendaraan dengan cara mengukur gaya-gaya yang dihasilkan oleh mesin atau kendaraan tersebut. *Dynamometer* bekerja dengan cara menerapkan beban resistansi pada mesin atau kendaraan yang diuji, dan kemudian mengukur reaksi atau gaya yang dihasilkan oleh mesin atau kendaraan tersebut terhadap beban tersebut. Dalam pengujian performa mesin, *dynamometer* akan mencatat data tentang torsi yang dihasilkan oleh mesin pada berbagai putaran mesin dan kemudian data ini akan diolah untuk menghitung daya yang dihasilkan oleh mesin pada rpm tertentu. Prinsip kerja *dynamometer* ini memungkinkan untuk mengetahui performa dan karakteristik mesin atau kendaraan secara lebih akurat.

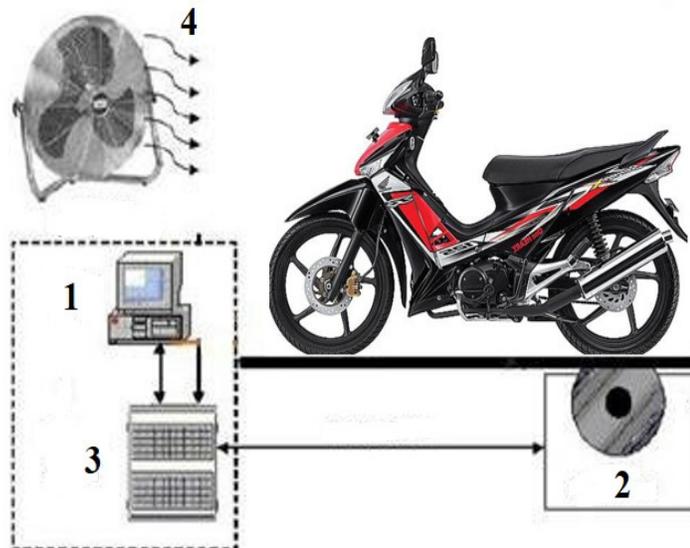
Kinerja mesin dapat diukur dengan menggunakan persamaan (1), di mana (T) adalah torsi, (F) adalah gaya yang diberikan pada rotor yang dikalikan dengan jarak (r).

$$T = Fxr \quad (1)$$

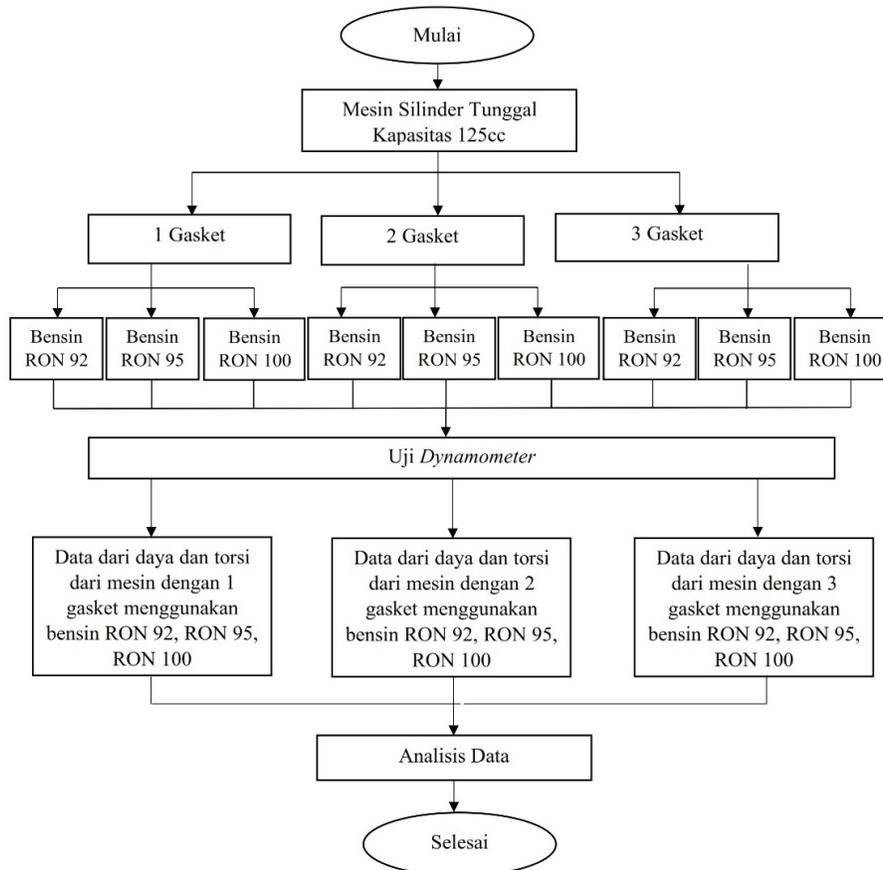
*Power Output* (Daya yang dihasilkan) dapat dihitung menggunakan persamaan (2), dengan N sebagai kecepatan putaran *Crankshaft* (rpm).

$$P = \frac{2\pi NT}{60 \times 1000} \quad (2)$$

Sebelum melakukan pengujian dengan *dynamometer*, sepeda motor harus ditempatkan secara tepat sehingga roda belakang berada di atas *roller dynamometer*. Kabel *tachometer* harus dihubungkan dengan kabel tegangan tinggi pada busi, dan selang yang semula terhubung ke karburator harus dilepas. Selanjutnya, selang dari buret ukur akan menggantikan selang menuju karburator. Buret ukur akan diisi secara bergantian dengan bahan bakar RON 92, RON 95 dan bahan bakar RON 100. Skema pengujian dengan *dynamometer* dapat dilihat pada gambar 1. Hasil pengujian diolah dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah pembacaan. Pengujian performa dilakukan menggunakan *dynamometer* dengan beberapa peralatan tambahan seperti *toolset*, buret ukur, dan *stopwatch*. Desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini terperinci pada gambar 2.



Gambar 1. Skema uji *dynamometer*; (1) monitor, (2) *roller dynamometer*, (3) GPU (*graphic processing unit*), (4) kipas blower.



Gambar 2. Desain studi eksperimen

Setelah semua persiapan selesai, pengujian performa dapat dilakukan oleh dua orang. Satu orang akan mengoperasikan sepeda motor, sementara orang lainnya bertanggung jawab mengoperasikan komputer atau perangkat lunak pengujian. Proses pengujian performa sepeda motor dengan mesin silinder tunggal berkapasitas 125 cc bisa dilihat lebih rinci dalam gambar 3.



Gambar 3. Proses pengujian performa mesin sepeda motor dengan *dynamometer*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

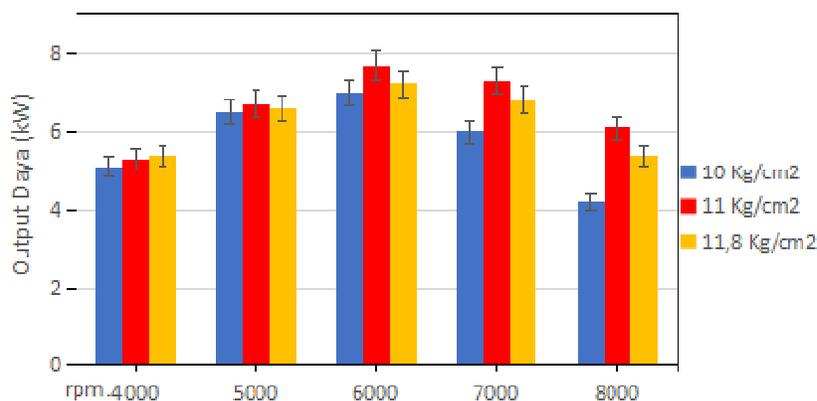
#### 3.1. Perbandingan *output* daya

Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat perbandingan *output* daya dari beberapa tekanan kompresi menggunakan bensin RON 92. Setiap nilai *output* daya dihasilkan dari tiga kali pengujian. Nilai yang tercantum pada tabel 1 merupakan nilai rata-rata. Mesin dengan tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> secara umum menghasilkan *output* daya yang lebih besar pada hampir semua putaran mesin (rpm). Tabel 1 menunjukkan nilai *output* daya (dalam *KiloWatt*) pada beberapa variasi tekanan kompresi.

Tabel 1. *Output* daya mesin menggunakan bensin RON 92

<i>Output</i> daya (kW) pada beberapa variasi tekanan kompresi			
rpm	10 kg/cm <sup>2</sup>	11 kg/cm <sup>2</sup>	11,8 kg/cm <sup>2</sup>
4000	5,1	5,3	5,4
5000	6,5	6,7	6,6
6000	7,0	7,7	7,2
7000	6,0	7,3	6,8
8000	4,2	6,1	5,4

Perbedaan *output* daya dari mesin dengan beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bensin RON 92 dapat diamati pada Gambar 4. Secara keseluruhan, mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan *output* daya yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin yang memiliki tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup>. Pada tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup>, *output* daya tertinggi hanya mencapai 7,0 kW pada putaran mesin 6000 rpm. Di sisi lain, mesin dengan tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> mampu menghasilkan *output* daya 10% lebih besar pada rentang putaran mesin yang sama.



Gambar 4. *Output* daya mesin menggunakan bensin RON 92 dengan variasi tekanan kompresi

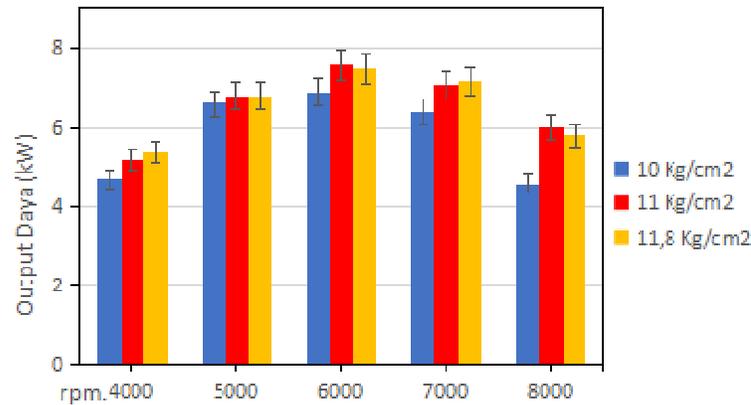
Gambar 4 menunjukkan bahwa mesin yang memiliki tekanan kompresi sebesar 11,8 kg/cm<sup>2</sup> juga menghasilkan *output* daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan mesin yang memiliki tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup>. Sebagai perbandingan, pada rentang putaran mesin 8000 rpm, mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan *output* daya sebesar 5,4 kW, sedangkan mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan *output* daya 28% lebih rendah yakni sebesar 4,2 kW pada putaran mesin yang sama.

Tabel 2. *Output* daya mesin menggunakan bensin RON 95

<i>Output</i> daya (kW) pada beberapa variasi tekanan kompresi			
rpm	10 kg/cm <sup>2</sup>	11 kg/cm <sup>2</sup>	11,8 kg/cm <sup>2</sup>
4000	4,7	5,2	5,4
5000	6,6	6,8	6,8
6000	6,9	7,6	7,5
7000	6,4	7,1	7,2
8000	4,6	6,0	5,8

Berdasarkan data dari tabel 2 dapat diamati perbedaan *output* daya yang dihasilkan oleh mesin dengan beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bensin RON 95. Secara keseluruhan, mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup> juga menghasilkan *output* daya yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin yang memiliki tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> dan 11,8 kg/cm<sup>2</sup>. *Output* daya tertinggi pada tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup> hanya mencapai 6,9 kW pada rentang putaran mesin 6000 rpm.

Gambar 5 menunjukkan secara keseluruhan *output* daya yang dihasilkan oleh mesin menggunakan bensin RON 95 dengan tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> dan 11,8 kg/cm<sup>2</sup> lebih besar dibandingkan dengan mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup>. *Output* daya tertinggi, yakni sebesar 7,6 kW, dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> pada rentang putaran mesin 6000 rpm, sementara itu pada rentang putaran mesin yang sama, mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> mampu menghasilkan *output* daya 7,5 kW. Dengan hasil tersebut, kembali mengkonfirmasi jika angka oktan bahan bakar yang tinggi diperlukan pada mesin dengan tekanan kompresi yang tinggi agar daya yang dihasilkan oleh mesin lebih optimal (Saifudin dan Susila, 2018).



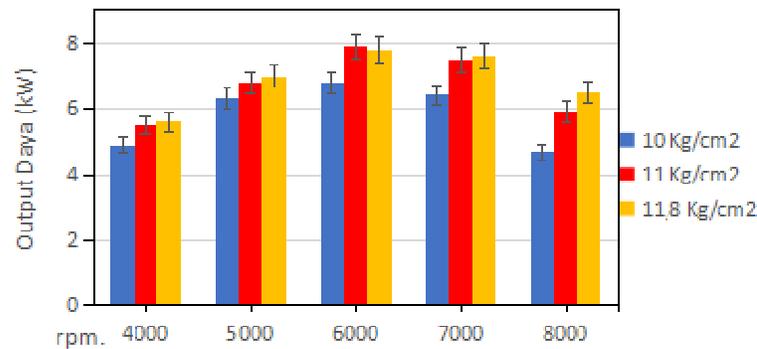
Gambar 5. *Output* daya mesin menggunakan bensin RON 95 dengan variasi tekanan kompresi

Pengujian *output* daya pada beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bensin RON 100 bisa dilihat pada tabel 3. Secara umum, mesin dengan tekanan kompresi tertinggi (11,8 kg/cm<sup>2</sup>) menghasilkan *output* daya yang lebih besar pada hampir semua putaran mesin (rpm). Di sisi lain, mesin dengan tekanan kompresi terendah (10 kg/cm<sup>2</sup>) secara umum menghasilkan *output* daya yang lebih rendah pada semua rentang putaran mesin (rpm). Sebagai contoh, pada putaran 5000 rpm, mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan *output* daya yang 7% lebih kecil dibandingkan dengan mesin yang memiliki tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup>. Pada tekanan kompresi tertinggi (11,8 kg/cm<sup>2</sup>), mesin yang sama mampu menghasilkan *output* daya sebesar 7,0 kW pada rentang putaran mesin yang sama. Data *output* daya pengujian bisa dilihat lebih jelas dalam gambar 6.

Tabel 3. *Output* daya mesin menggunakan bensin RON 100

<i>Output</i> daya (kW) pada beberapa variasi tekanan kompresi			
rpm	10 kg/cm <sup>2</sup>	11 kg/cm <sup>2</sup>	11,8 kg/cm <sup>2</sup>
4000	4,9	5,5	5,6
5000	6,3	6,8	7,0
6000	6,8	7,9	7,8
7000	6,4	7,5	7,6
8000	4,7	5,9	6,5

Berdasarkan data pada gambar 6, terlihat perbandingan *output* daya pada semua rentang putaran mesin (rpm). Mesin yang menggunakan bensin RON 100 dengan tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> juga menghasilkan *output* daya yang lebih besar dibandingkan dengan mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup>, namun secara keseluruhan daya yang dihasilkan tidak dapat melebihi *output* daya pada mesin dengan tekanan kompresi tertinggi (11,8 kg/cm<sup>2</sup>). Dengan demikian, hasil tersebut membuktikan bahwa mesin dengan tekanan kompresi yang lebih tinggi membutuhkan bahan bakar dengan angka oktan yang lebih tinggi agar dapat menghasilkan *output* daya yang optimal (Muku dan Sukadana, 2009). Pembakaran yang sempurna terjadi karena faktor kesesuaian antara besaran tekanan kompresi serta pemilihan nilai oktan bahan bakar yang tepat menghasilkan keluaran daya yang optimal (Setiawan dkk., 2022).



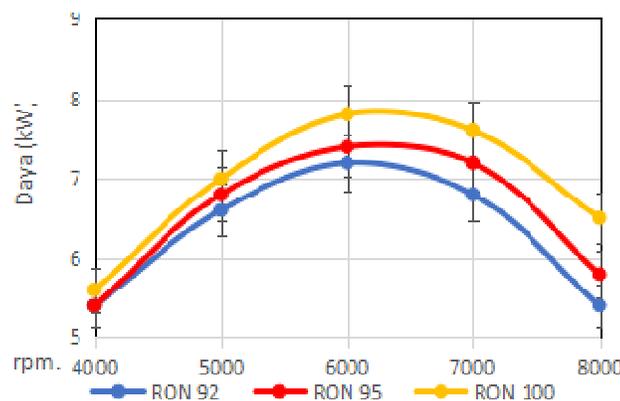
Gambar 6. *Output daya mesin menggunakan bensin RON 100 dengan variasi tekanan kompresi*

Tabel 4 menyajikan perbandingan *output* daya antara penggunaan bahan bakar Pertamina (RON 92), Pertamina Plus (RON 95) dan Pertamina Racing (RON 100) pada mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> dari rentang putaran mesin 4000 rpm hingga 8000 rpm. Mesin yang menggunakan bahan bakar Pertamina Racing (RON 100) menghasilkan *output* daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bahan bakar Pertamina Plus (RON 95) maupun Pertamina (RON 92).

Tabel 4. Perbandingan *Output* daya mesin menggunakan 3 oktan bahan bakar  
*Output* daya (kW) tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup>

rpm	RON 92	RON 95	RON 100
4000	5,4	5,4	5,6
5000	6,6	6,8	7,0
6000	7,2	7,4	7,8
7000	6,8	7,2	7,6
8000	5,4	5,8	6,5

Secara keseluruhan, mesin yang menggunakan bensin RON 100 mampu menghasilkan *output* daya 5% lebih besar dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bensin RON 95 dan 10% lebih besar dibanding dengan mesin yang menggunakan bensin RON 92. Sebagai perbandingan, pada putaran 8000 rpm mesin dengan bensin RON 100 menghasilkan *output* daya sebesar 6,5 kW, sedangkan mesin dengan bensin RON 92 dan RON 95 menghasilkan *output* daya lebih kecil dengan selisih daya sebesar 1,1 kW dan 0,7 kW secara berurutan.



Gambar 7. *Output daya mesin dengan bensin RON 92, RON 95 & RON 100 pada tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup>*

*Output* daya tertinggi yang dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> menggunakan bensin RON 100 yakni sebesar 7,8 kW diperoleh pada putaran mesin 6000 rpm. Tekanan kompresi mesin yang tinggi serta penggunaan bahan bakar dengan oktan yang sesuai akan memastikan proses pembakaran di dalam

ruang bakar semakin sempurna, selain itu tekanan kompresi yang tinggi akan meningkatkan campuran udara dan bahan bakar agar semakin homogen (Stradling dkk., 2016).

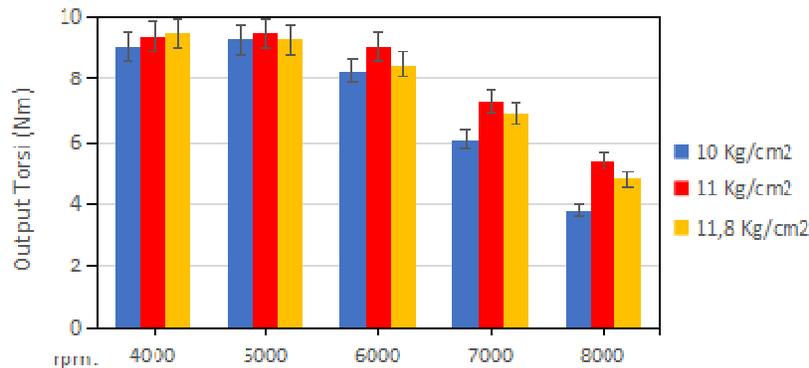
### 3.2. Perbandingan *output* torsi

Pengujian torsi telah dilakukan pada beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bensin RON 92, RON 95 & RON 100. Tabel 5 menyajikan hasil pengujian torsi pada mesin menggunakan bensin RON 92. Setiap nilai torsi dihasilkan dari tiga kali pengujian dan nilai yang ditampilkan dalam tabel 5 adalah nilai rata-rata. Secara umum, mesin dengan tekanan 11 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan *output* torsi yang lebih besar pada hampir semua putaran mesin.

Tabel 5. *Output* torsi mesin menggunakan bensin RON 92

<i>Output</i> torsi (Nm) pada beberapa variasi tekanan kompresi			
rpm	10 kg/cm <sup>2</sup>	11 kg/cm <sup>2</sup>	11,8 kg/cm <sup>2</sup>
4000	9,1	9,4	9,5
5000	9,3	9,5	9,3
6000	8,3	9,1	8,5
7000	6,1	7,3	6,9
8000	3,8	5,4	4,8

Mesin dengan tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan *output* torsi tertinggi sebesar 9,5 Nm pada rentang putaran mesin 5000 rpm, dan torsi dengan nilai yang sama diperoleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> pada putaran mesin 4000 rpm. Pada rentang putaran mesin yang sama, mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup> hanya menghasilkan *output* torsi lebih rendah dengan selisih 0,4 Nm. Perbandingan *output* torsi pada mesin dengan beberapa variasi tekanan kompresi yang menggunakan bensin RON 92 dapat dilihat secara jelas pada gambar 8.



Gambar 8. *Output* torsi mesin menggunakan bensin RON 92 dengan variasi tekanan kompresi

Berdasarkan data dari tabel 6 terlihat hasil pengujian *output* torsi mesin dengan beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bensin RON 95. *Output* torsi tertinggi, yakni sebesar 9,6 Nm, dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> pada rentang putaran mesin 4000 rpm hingga 5000 rpm. Sementara itu, *output* torsi sebesar 9,6 Nm juga dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> pada putaran mesin 5000 rpm. Namun, secara umum, mesin dengan tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan *output* torsi yang lebih besar.

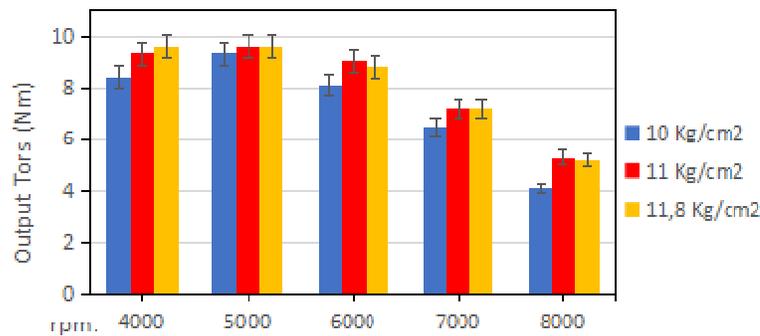
Tabel 6. *Output* torsi mesin menggunakan bensin RON 95

<i>Output</i> torsi (Nm) pada beberapa variasi tekanan kompresi			
rpm	10 kg/cm <sup>2</sup>	11 kg/cm <sup>2</sup>	11,8 kg/cm <sup>2</sup>
4000	8,4	9,3	9,6
5000	9,3	9,6	9,6
6000	8,1	9,0	8,8

7000	6,5	7,2	7,2
8000	4,1	5,3	5,2

Mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan nilai *output* torsi terendah pada putaran mesin 8000 rpm, yakni sebesar 4,1 Nm. Pada rentang putaran mesin yang sama, selisih *output* torsi yang lebih tinggi sebesar 1,2 Nm dan 1,1 Nm dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> dan 11,8 kg/cm<sup>2</sup> secara berurutan.

Pengujian ini mengonfirmasi bahwa penggunaan angka oktan bahan bakar yang sesuai dengan tekanan kompresi akan menghasilkan *output* torsi yang maksimal (Ariawan dkk., 2016). Di sisi lain, penggunaan bahan bakar dengan angka oktan yang rendah pada mesin dengan tekanan kompresi tinggi akan menghasilkan torsi yang kurang optimal. Fenomena ini disebabkan oleh terjadinya detonasi, yakni pembakaran yang terjadi pada campuran udara dan bahan bakar terlalu dini akibat temperatur yang terlalu tinggi di dalam ruang bakar. Fenomena ini juga dikenal dengan sebutan "*Knocking*" (Kalghatgi, 2017). Hasil pengujian *output* torsi yang dihasilkan oleh mesin dengan beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bensin RON 95 dapat dilihat lebih jelas pada gambar 9.



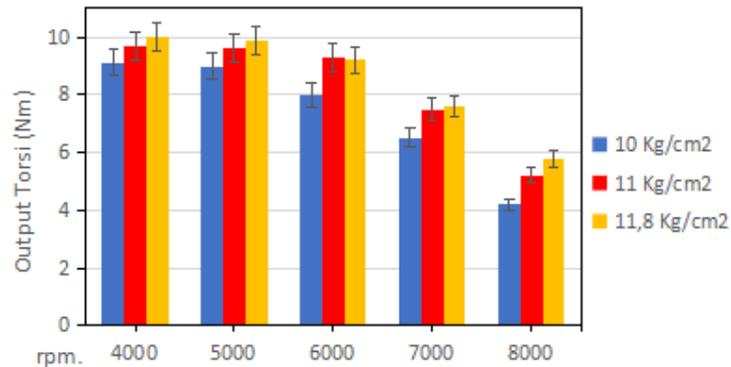
Gambar 9. *Output* torsi mesin menggunakan bensin RON 95 dengan variasi tekanan kompresi

Pengujian torsi pada beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bensin RON 100 telah dilakukan dan hasilnya tercantum dalam Tabel 7. Setiap nilai torsi dihasilkan diperoleh dari tiga kali pengujian, sehingga nilai yang tercantum dalam Tabel 7 merupakan nilai rata-rata. Secara umum, mesin dengan tekanan kompresi tertinggi (11,8 kg/cm<sup>2</sup>) menghasilkan *output* torsi yang lebih besar pada hampir semua putaran mesin (Rahmat dan Wijaya, 2023).

Tabel 7. *Output* torsi mesin menggunakan bensin RON 100

<i>Output</i> torsi (Nm) pada beberapa variasi tekanan kompresi			
rpm	10 kg/cm <sup>2</sup>	11 kg/cm <sup>2</sup>	11,8 kg/cm <sup>2</sup>
4000	9,1	9,7	10,0
5000	9,0	9,6	9,9
6000	8,0	9,3	9,2
7000	6,5	7,5	7,6
8000	4,2	5,2	5,8

*Output* torsi terbesar, yakni senilai 10 Nm, dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> pada rentang putaran mesin 4000 rpm. Pada rentang putaran mesin yang sama, mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup> dan 11 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan *output* torsi yang lebih rendah dengan selisih 0,9 Nm dan 0,3 Nm secara berurutan. Perbandingan *output* torsi pada mesin dengan beberapa variasi tekanan kompresi yang menggunakan bahan bakar Pertamina Racing (RON 100) dapat dilihat dengan jelas dalam gambar 10.



Gambar 10. *Output* torsi mesin menggunakan bensin RON 100 dengan variasi tekanan kompresi

Mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan *output* torsi terendah yakni sebesar 4,2 Nm pada putaran mesin 8000 rpm. Pada rentang putaran mesin yang sama, mesin dengan tekanan kompresi 11 kg/cm<sup>2</sup> mampu menghasilkan *output* torsi yang lebih besar, yakni senilai 5,2 Nm. *Output* torsi tertinggi dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> pada putaran mesin 8000 rpm, dengan selisih nilai torsi 1,6 Nm lebih besar dibandingkan dengan mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm<sup>2</sup>. Semakin tinggi nilai oktan suatu bahan bakar, semakin tinggi pula kemampuan untuk mencegah terjadinya detonasi atau pranyala, sehingga jika digunakan pada mesin yang memiliki tekanan kompresi yang tinggi akan menghasilkan *output* torsi yang semakin optimal (Wardhana dkk., 2018).

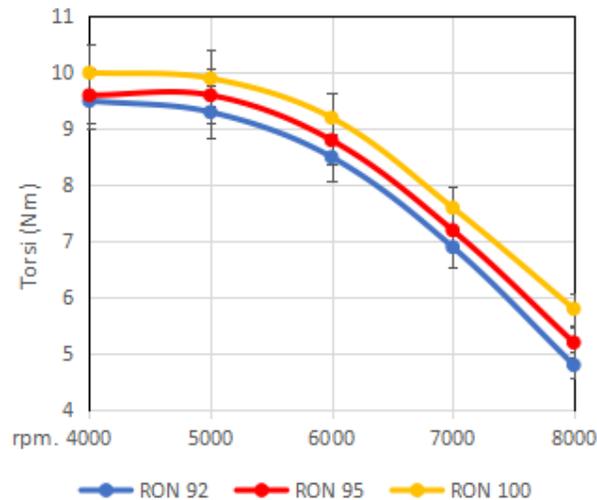
Tabel 8. *Output* torsi mesin menggunakan 3 oktan bahan bakar

rpm	<i>Output</i> torsi (Nm) tekanan kompresi 11,8 kg/cm <sup>2</sup>		
	RON 92	RON 95	RON 100
4000	9,5	9,6	10,0
5000	9,3	9,6	9,9
6000	8,5	8,8	9,2
7000	6,9	7,2	7,6
8000	4,8	5,2	5,8

Berdasarkan data dari tabel 8 terlihat perbandingan *output* torsi yang dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> menggunakan bahan bakar Pertamina (RON 92), Pertamina Plus (RON 95) dan Pertamina Racing (RON 100). Dari rentang putaran mesin 4000 rpm hingga 8000 rpm, terbukti mesin yang menggunakan bensin RON 100 menghasilkan *output* torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bensin RON 92 maupun bensin RON 95. Secara keseluruhan, mesin yang menggunakan bensin RON 100 mampu menghasilkan *output* torsi yang 5,1% lebih besar dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bensin RON 95.

Gambar 11 dengan jelas menggambarkan perbandingan *output* torsi mesin pada tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> menggunakan bensin RON 95 dan bensin RON 100. Sebagai contoh; pada rentang putaran mesin 6000 rpm, mesin yang menggunakan bensin RON 95 menghasilkan *output* torsi sebesar 8,8 Nm, sedangkan mesin yang menggunakan bensin RON 100 mampu menghasilkan *output* torsi yang 4% lebih tinggi, yakni sebesar 9,2 Nm. Contoh lain pada rentang putaran 8000 rpm, mesin yang menggunakan bensin RON 95 hanya menghasilkan *output* torsi sebesar 5,2 Nm, sedangkan mesin yang menggunakan bensin RON 100 mampu menghasilkan *output* torsi 11% lebih besar.

Mesin yang menggunakan bensin RON 100 mampu menghasilkan *output* torsi yang 8,9% lebih besar dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bensin RON 92. Berdasarkan data dari Gambar 11 terlihat jika, pada rentang putaran mesin 7000 rpm, mesin yang menggunakan bensin RON 92 hanya menghasilkan *output* torsi sebesar 6,9 Nm, sedangkan mesin yang menggunakan bensin RON 100 mampu menghasilkan *output* torsi yang 10% lebih tinggi, yakni sebesar 7,6 Nm. Hal ini sekali lagi membuktikan bahwa penggunaan bahan bakar dengan angka oktan yang tinggi pada mesin tekanan kompresi yang tinggi akan menghasilkan *output* torsi yang optimal (Laduni, 2022).



Gambar 11. Output torsi mesin dengan bensin RON 92, RON 95 & RON 100 pada tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup>

#### 4. KESIMPULAN

Performa sebuah mesin pembakaran dalam sangat dipengaruhi oleh tekanan kompresi dan angka oktan bahan bakar yang digunakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar Pertamina Racing (RON 100) pada mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan output daya dan torsi yang paling tinggi. Oleh karena itu, penting untuk memilih bahan bakar dengan angka oktan yang sesuai dengan tekanan kompresi mesin agar menghasilkan output daya dan torsi yang optimal. Untuk mencapai hal ini, produsen bahan bakar minyak dan gas serta produsen otomotif perlu meningkatkan promosi dan edukasi kepada konsumen tentang pentingnya memilih dan menggunakan bahan bakar dengan angka oktan yang sesuai dengan kendaraan yang digunakan. Dengan begitu, akan terjadi peningkatan performa kendaraan dan perawatan komponen mesin yang lebih minimal dalam jangka panjang. Meskipun hasil pengujian ini memberikan wawasan tentang performa mesin berdasarkan tekanan kompresi dan angka oktan bahan bakar, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan angka oktan bahan bakar terhadap emisi karbon yang dihasilkan oleh mesin. Dengan demikian, akan dapat lebih komprehensif memahami dampak pilihan bahan bakar terhadap performa dan lingkungan.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan. Yang kedua penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang atas peralatan yang digunakan dalam penelitian ini. Yang ke tiga penulis mengapresiasi Bengkel Hyperspeed Semarang atas fasilitas yang dipergunakan untuk pengujian dalam penelitian ini.

#### DAFTAR NOTASI

- $F$  : Gaya yang bekerja pada rotor dalam satuan N (*Newton*)
- $P$  : Daya dalam satuan kW (*KiloWatt*)
- $N$  : Putaran mesin per menit (*rpm*)
- $r$  : Jarak dari gaya ke sumbu dalam satuan (meter)
- $T$  : Torsi dalam satuan Nm (*NewtonMeter*)

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ariawan, I., Kusuma, W., Adnyana, I., Pengaruh penggunaan bahan bakar pertalite terhadap unjuk kerja daya, torsi dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor bertransmisi otomatis, *Jurnal Mettek*, 2(1), 51-58, 2016.
- Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi, Statistik minyak gas dan bumi semester 1, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2021.
- Ferguson, C., Kirkpatrick, A., *Internal combustion engines: applied thermosciences*, John Wiley & Sons, 2015.
- Heywood, J. B., *Internal combustion engine fundamentals*, Penerbit McGraw-Hill Education, New York, 1988.

- Jiang, C., Huang, G., Liu, G., Qian, Y., Lu, X., Optimizing gasoline compression ignition engine performance and emissions: Combined effects of exhaust gas recirculation and fuel octane number, *Applied Thermal Engineering*, 153, 669-677, 2019.
- Kalghatgi, G., Knock onset, knock intensity, superknock and preignition in spark ignition engines, *International Journal Engine Research*, 1(19), 7-20, 2017.
- Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi, Nomor: 0177K/10/DJM.T/2018. tentang standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak jenis bensin yang dipasarkan di dalam negeri, Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi, 2018.
- Kristanto, P., Motor bakar torak-teori & aplikasinya, edisi 1, Penerbit Andi offset, Yogyakarta, 2015.
- Laduni, M., Pengaruh angka oktan terhadap performa dan emisi gas buang honda new mega pro 150 cc, *Jurnal Teknik Mesin*, 18(2), 152-158, 2022.
- Mara, I.M., Nuarsa, I.M., Alit, I.B., Susana, I.G.B., Pemanfaatan medan magnet pada saluran bahan bakar sepeda motor untuk penghematan konsumsi bahan bakar dan penurunan emisi gas buang, *Dinamika Teknik Mesin* 12(1), 45-51, 2022.
- Maurya, R., Agarwal, A., Experimental study of combustion and emission characteristics of ethanol fuelled port injected homogeneous charge compression ignition combustion engine, *Applied Energy*, 1169-1180, 2011.
- Muku, I., Sukadana, I., Pengaruh rasio kompresi terhadap unjuk kerja mesin empat langkah menggunakan arak bali sebagai bahan bakar, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*, 3(1), 26-32, 2009.
- Octa, A., Literature review: Meningkatkan kepuasan pelanggan di bengkel resmi menggunakan sistem manajemen pelanggan elektronik, *Informatik Jurnal Ilmu Komputer*, 15(1), 2019.
- Pulkrabek, W., *Engineering fundamentals of the internal combustion engine*. Wisconsin: Prentice-Hall, 1997.
- Rahmat, B., Wijaya, M.B.R., Performance comparison of one cylinder combustion engine with variations of compression pressure and octane number gasoline, *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 17(1), 31-37, 2023.
- Rodríguez-Fernández, J., Ramos, A., Barba, J., Cárdenas, D., Delgado, J., Improving fuel economy and engine performance through gasoline fuel octane rating, *Energies*, 13(13), p.3499, 2020.
- Saifudin, M., Susila, I., Uji performa dan uji emisi gas buang mesin sepeda motor berbahan bakar bioethanol dari tetes tebu, *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 2018.
- Setiawan, N.D.C., Prasetyo, D.H.T., Wahyudi, D., Pengaruh generator HHO dan ethanol terhadap performa dan emisi gas buang mesin bensin, *Dinamika Teknik Mesin*, 12(2), 144-154, 2022.
- Stradling, R., Williams, J., Hamje, H., Rickeard, D., Effect of octane on performance, energy consumption and emissions of two euro 4 passenger cars, *Transportation Reserach Procedia*, 1(14), 3159-3168, 2016.
- Taylor, C.F., *The internal combustion engine in theory and practice*, Penerbit MIT Press, Cambridge, 1985.
- Wardhana, M., Ilminnafik, N., Sumarji, S., Pengaruh panjang pipa katalis annulus konsentris pada hcs (hydrocarbon cracking system) terhadap torsi motor bakar 4-langkah, *Stator: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 1(1), 82-84, 2018.