

Performa motor bakar satu silinder dengan variasi oktan bahan bakar dan tekanan kompresi

Bahtiar Rahmat¹, Mohammad Burhan Rubai Wijaya², Yuris Bahadur Wirawan³, Fahmy Zuhda Bahtiar⁴

¹Program Studi Teknik Produksi Furnitur, Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu
Jl. Wanamarta Raya No. 20, Kendal 51371

²Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Universitas Negeri Semarang
Kampus Sekaran, Kota Semarang 50229

³Program Studi Teknik Keselamatan, Universitas Ivet

⁴Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Otomotif, Universitas Ivet
Jl. Pawiyatan Luhur IV No.16, Kota Semarang 50235
Email korespondensi: bahtiar.rahmat@poltek-furnitur.ac.id

Abstrak

Performa dari sebuah mesin pembakaran dalam sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya kualitas bahan bakar serta tekanan kompresi dari mesin. Tekanan kompresi yang tinggi dan diikuti pemilihan angka oktan bahan bakar yang sesuai, akan menghasilkan performa yang optimal. Sedikit pengguna yang mengetahui bahwa mesin kompresi tinggi membutuhkan bahan bakar dengan angka oktan yang tinggi pula. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui perbedaan keluaran daya & torsi mesin pembakaran dalam satu silinder yang diberikan variasi tekanan kompresi menggunakan bahan bakar pertamax (RON 92) & pertamax plus (RON 95). Uji dynamometer dilakukan untuk mengetahui perbedaan performa mesin. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa mesin dengan tekanan kompresi tinggi (11,8 kg/cm²) dengan bahan bakar RON 95 menghasilkan keluaran daya tertinggi sebesar 7,5 kW dengan keluaran torsi tertinggi sebesar 9,6 Nm, sedangkan mesin dengan tekanan kompresi rendah (10 kg/cm²) menggunakan bahan bakar RON 92 menghasilkan keluaran tenaga terendah sebesar 4,2 kW dengan keluaran torsi terendah sebesar 3,8 Nm.

Kata kunci: performa, angka oktan, tekanan kompresi.

Abstract

The performance of an internal combustion engine was greatly influenced by several factors, including the quality of the fuel and the compression pressure of the engine. High compression pressure, followed by the selection of the appropriate fuel octane number, would result in optimal performance. Conversely, an engine with a high compression pressure given fuel with a low octane number would produce poor performance. Unfortunately, only few users know that high compression engines require fuel with high octane numbers. The purpose of this study was to determine the difference in the power & torque output of single-cylinder combustion engine given variations in compression pressure using pertamax (RON 92) & pertamax plus (RON 95) fuel. A dynamometer test has performed to determine the difference in engine performance. The results showed that the engine with high compression pressure (11.8 kg/cm²) with RON 95 fuel produced the highest power output of 7.5 kW with the highest torque output of 9.6 Nm. While the engine with low compression pressure (10 kg/cm²) using RON 92 fuel produced the lowest power output of 4.2 kW with the lowest torque output of 3.8 Nm.

Keywords: performance, octane number, compression pressure.

1. Pendahuluan

Mesin pembakaran dalam atau *internal combustion engine* (ICE) adalah sebuah mesin yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik [1]. Performa dari sebuah mesin pembakaran dalam sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya kualitas bahan bakar (angka oktan) serta tekanan kompresi dari mesin. Penggunaan kualitas bahan bakar yang rendah, pada mesin dengan tekanan kompresi yang tinggi bisa mengakibatkan penurunan performa mesin serta meningkatkan jumlah konsumsi bahan bakar [2]. Mesin pembakaran dalam yang biasanya digunakan pada sepeda motor maupun mobil, terdapat komponen berupa silinder yang berisi

piston atau torak yang bergerak secara bolak balik [3]. Motor empat langkah membutuhkan dua kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu siklus di dalam silinder. Dengan kata lain, setiap silinder membutuhkan empat langkah torak pada dua putaran poros engkol untuk melengkapinya [4].

Performa yang dihasilkan oleh sebuah mesin pembakaran dalam bergantung dari hasil pembakaran dari campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar. Hal ini bermakna pada mesin yang memiliki tekanan kompresi yang tinggi serta diikuti dengan penggunaan kualitas bahan bakar yang tepat, maka akan menghasilkan unjuk kerja atau performa mesin yang optimal pula [5].

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang dibuktikan dari data Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI) menyebut, sepanjang 2019 tercatat 1.100.950 unit sepeda motor terjual naik 19,4% dari 2018 (922.123 unit) [6] sebagai pengonsumsi BBM terbesar di sektor transportasi utamanya bensin. Saat ini, beberapa penyedia bahan bakar, baik dari pemerintah maupun swasta menyediakan beberapa pilihan jenis bahan bakar. Pilihan bahan bakar ini diklasifikasi menurut nilai oktan (*Research Octane Number/RON*). Nilai RON ini bervariasi mulai dari RON 90, RON 92, RON 95 bahkan RON 98 [7].

Kajian yang telah dilakukan sebelumnya, memperoleh hasil jika daya yang dihasilkan oleh kendaraan meningkat secara signifikan dengan penggunaan angka oktan bahan bakar yang semakin baik, selain itu waktu yang diperlukan untuk akselerasi juga semakin singkat. Selain itu, bertambahnya angka oktan bahan bakar yang digunakan, juga menurunkan konsumsi bahan bakar, sehingga hal ini secara aktif bisa menurunkan emisi gas buang kendaraan [8].

Kajian lain yang telah dilakukan, mendapatkan hasil jika efisiensi daya yang besar dan emisi *Nitrogen Oxide* (NOx) yang rendah bisa diperoleh dengan mengatur komponen *Exhaust Gas Recirculation* (EGR) serta pemilihan bahan bakar dengan angka oktan yang sesuai. Pemilihan bahan bakar dengan angka oktan yang tepat sangat penting untuk mendapatkan keluaran daya yang optimal dengan emisi gas buang yang rendah pada sebuah mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) [9].

Dewasa ini, produsen otomotif memproduksi mesin dengan tekanan kompresi yang tinggi agar menghasilkan performa yang semakin baik. Namun sayangnya, masih banyak konsumen yang belum mengerti, jika mesin yang memiliki tekanan kompresi yang tinggi, maka membutuhkan bahan bakar dengan angka oktan yang tinggi pula. Hal ini bisa dilihat dari data statistik terbaru yang dipublikasi oleh Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi bahwa jumlah penjualan bensin RON 90 masih jauh lebih tinggi dibandingkan dengan penjualan bensin RON 92 maupun 95 [10]. Dari data ini mencerminkan jika masih banyak konsumen yang memilih bensin dengan angka oktan yang rendah untuk digunakan pada mesin kendaraan masa kini yang cenderung memiliki tekanan kompresi yang tinggi.

Berdasarkan dari uraian diatas, kami akan melakukan pengujian performa menggunakan *dynamometer* pada sebuah mesin silinder tunggal dengan nilai tekanan kompresi sebesar 11,8 Kg/cm² dan 10 Kg/cm² dimana setiap pengujian menggunakan bahan bakar Pertamina (RON 92) dan Pertamina Plus (RON 95) untuk melihat perbedaan keluaran daya dan torsi yang dihasilkan.

2. Metode

Metode yang digunakan pada kajian ini adalah metode eksperimen, yang dilakukan pada sebuah sepeda motor dengan mesin silinder tunggal kapasitas 125 cc. Untuk mengatur tekanan kompresi pada mesin, penggunaan gasket pada kepala silinder dengan jumlah satu gasket dan tiga gasket. Penambahan gasket pada kepala silinder ini berakibat pada perubahan volume dari ruang bakar, sehingga menghasilkan perubahan nilai dari tekanan kompresi.

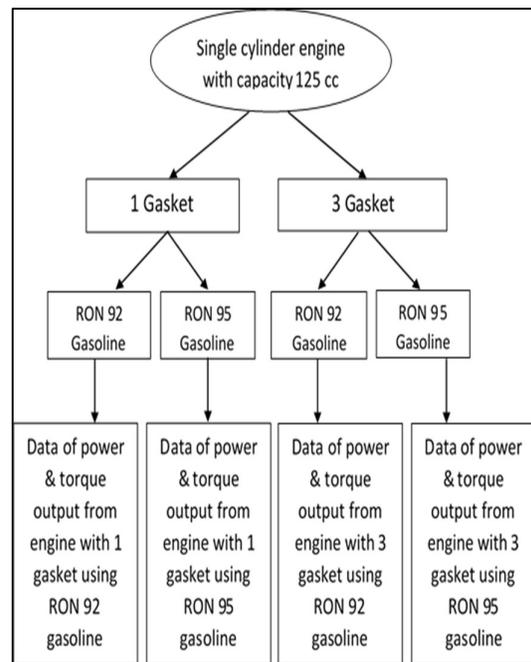
Parameter kinerja mesin dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1), di mana *T* merupakan torsi, *F* merupakan gaya yang diberikan terhadap rotor yang dikalikan dengan jarak (*r*).

$$T = F \times r \quad (1)$$

Daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2), di mana *N* merupakan kecepatan putaran *Crankshaft* (rpm).

$$P = 2\pi NT / (60 \times 1000) \quad (2)$$

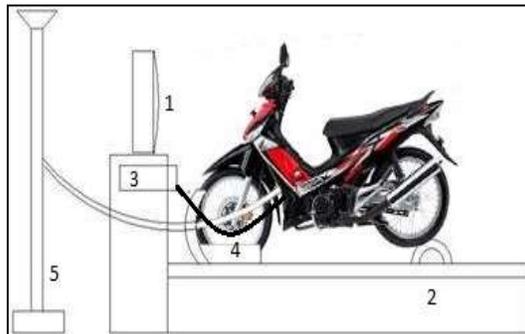
Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara langsung dan disimpulkan. Data hasil pengujian diubah dalam bentuk tabel dan grafik agar lebih mudah untuk dibaca. Peralatan yang digunakan untuk melakukan uji performa adalah *dynamometer* dengan beberapa peralatan tambahan seperti *toolset* dan buret ukur. Desain eksperimen pada kajian ini ditunjukkan oleh Gambar 1. Sebelum melakukan pengujian dengan *dynamometer*, sepeda motor harus diposisikan dengan benar, di mana posisi roda belakang harus tepat di atas roller *dynamometer* demi keamanan pengujian maupun fasilitas pengujian.



Gambar 1. Desain eksperimen studi.

Kabel *tachometer* harus dihubungkan dengan kabel tegangan tinggi menuju busi, kemudian selang menuju karburator dilepas dan sebagai gantinya,

selang yang menuju karburator disambungkan dengan selang dari buret ukur, di mana di dalam buret ini akan diisi dengan bahan bakar RON 92 dan RON 95 secara bergantian. Skema pengujian menggunakan *dynamometer* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema uji performa (1) monitor, (2) roller dynamometer, (3) unit proses (komputer), (4) kabel tegangan tinggi, dan (5) buret ukur.

Setelah semua persiapan dilakukan, pengujian performa bisa dilakukan oleh dua personel, di mana satu personel akan mengoperasikan sepeda motor, dan satu personel yang lain akan mengoperasikan komputer/perangkat lunak pengujian. Proses pengujian performa sepeda motor dengan mesin silinder tunggal dengan kapasitas 125 cc ditunjukkan lebih jelas pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Proses pengujian performa.

3. Hasil dan Pembahasan

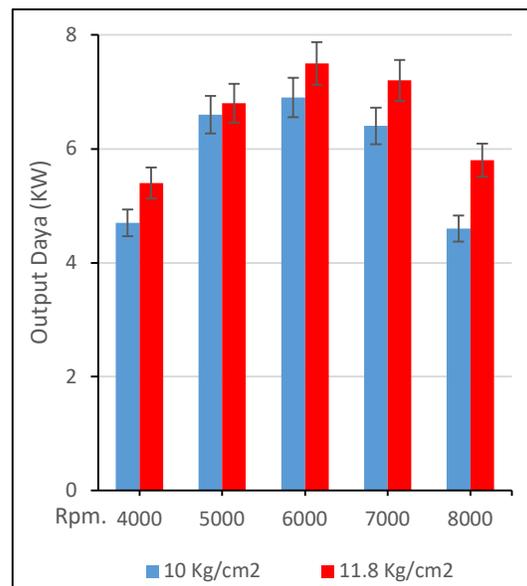
Berdasarkan dari Tabel 1, dapat diperhatikan perbandingan output daya dari beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bahan bakar RON 95. Setiap nilai dari output daya diperoleh dari tiga kali pengujian, kemudian nilai yang ditunjukkan pada Tabel 1 merupakan nilai rata-rata. Mesin dengan

tekanan kompresi tinggi (11,8 kg/cm²) secara umum menghasilkan output daya yang lebih besar pada semua putaran mesin (rpm).

Tabel 1. Output daya dengan bensin RON 95.

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

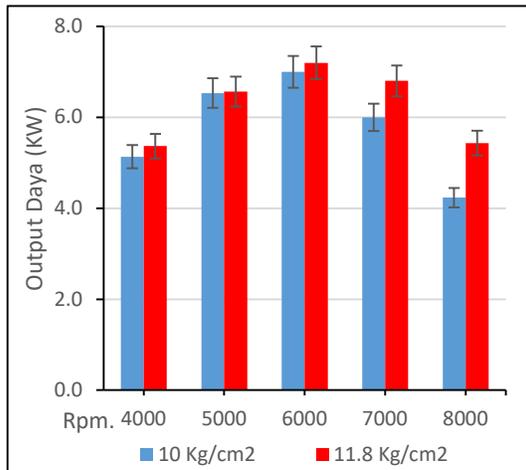
Sementara itu, pada mesin tekanan kompresi rendah (10 kg/cm²) secara umum menghasilkan output daya yang rendah pula pada semua rentang putaran mesin (rpm) jika dibandingkan dengan mesin dengan tekanan kompresi yang lebih tinggi (11,8 kg/cm²). Output daya dari beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bahan bakar RON 95 dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 4.



Gambar 4. Output daya menggunakan bensin RON 95 dengan variasi tekanan kompresi.

Perbandingan output daya pada putaran 8000 rpm, pada mesin yang sama dengan tekanan kompresi 10 kg/cm² hanya menghasilkan output daya sebesar 4,6 kW, sedangkan mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² mampu menghasilkan output daya 26% lebih besar. Output daya dari beberapa variasi tekanan

kompresi menggunakan bahan bakar RON 92 dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 5.



Gambar 5. Output daya menggunakan bensin RON 92 dengan variasi tekanan kompresi.

Berdasarkan Gambar 5 dapat diperhatikan perbedaan output daya yang dihasilkan oleh mesin dengan beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bahan bakar Pertamina (RON 92) sesuai di Tabel 2 berikut. Secara keseluruhan, mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm² juga menghasilkan output daya yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm². Output daya tertinggi dari tekanan kompresi 10 kg/cm² hanya 7,0 kW pada putaran mesin 6000 rpm. Sedangkan output daya yang dihasilkan mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² mampu menghasilkan output daya sebesar 7,2 kW pada putaran mesin yang sama.

Tabel 2. Output daya dengan bensin RON 92.

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

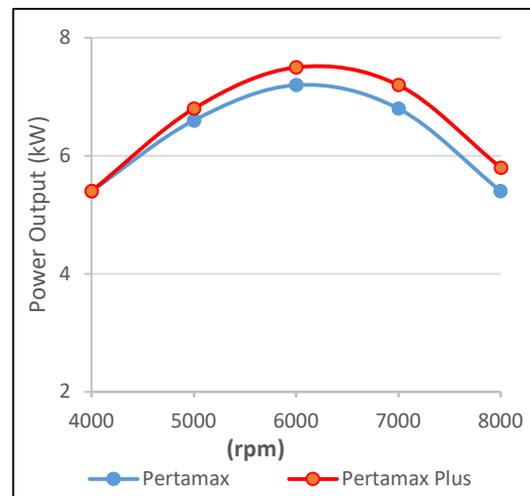
Output daya yang dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm². Sebagai komparasi, output daya dengan nilai 5,4 kW dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² pada rentang putaran mesin 8000 rpm, sementara pada rentang putaran mesin yang sama, mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm² hanya menghasilkan

output daya sebesar 4,2 kW. Hal ini membuktikan jika mesin dengan tekanan kompresi yang lebih tinggi memerlukan angka oktan bahan bakar yang lebih tinggi agar menghasilkan output daya yang optimal [11]. Perbandingan output daya antara penggunaan bahan bakar RON 95 dan RON 92 pada mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² ditunjukkan oleh Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perbandingan output daya mesin menggunakan dua jenis bahan bakar.

Output daya pada tekanan kompresi 11,8 kg/cm ² (kW)		
rpm	Pertamax	Pertamax Plus
4000	5,4	5,4
5000	6,6	6,8
6000	7,2	7,5
7000	6,8	7,2
8000	5,4	5,8

Dari rentang putaran mesin 5000 rpm hingga 8000 rpm, mesin yang menggunakan bahan bakar Pertamina Plus mampu menghasilkan output daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan mesin yang menggunakan Pertamina. Secara umum, mesin yang menggunakan bahan bakar Pertamina Plus (RON 95) mampu menghasilkan output daya 4% lebih besar dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bahan bakar Pertamina (RON 92). Gambar 6 secara jelas menunjukkan perbandingan output daya mesin pada tekanan kompresi 11,8 kg/cm² menggunakan bahan bakar RON 92 dan RON 95.



Gambar 6. Perbandingan output daya pada tekanan kompresi 11,8 kg/cm² memakai bensin RON 92 dan 95.

Pada rentang putaran mesin 8000 rpm, mesin yang menggunakan bahan bakar RON 92 menghasilkan output daya sebesar 5,4 kW. Sementara itu, mesin

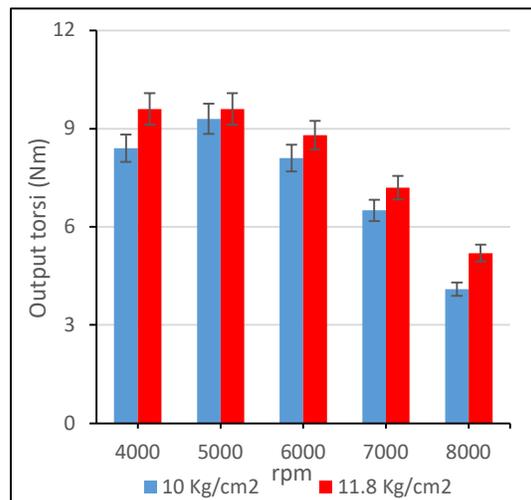
yang menggunakan bahan bakar RON 95 mampu menghasilkan output daya 7% lebih besar. Hal ini kembali membuktikan, jika penggunaan bahan bakar dengan angka oktan yang tinggi pada mesin dengan tekanan kompresi yang tinggi akan menghasilkan output daya yang optimal [12].

Hasil pengujian torsi pada beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bahan bakar RON 95 dan RON 92 telah dilakukan dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4 berikut. Setiap nilai dari output torsi diperoleh dari tiga kali pengujian, kemudian nilai yang ditunjukkan pada Tabel 4 merupakan nilai rata-rata. Mesin dengan tekanan kompresi tinggi (11,8 kg/cm²) secara umum menghasilkan output torsi yang lebih besar pada semua putaran mesin (rpm).

Tabel 4. Output torsi dengan bensin RON 95.

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

Output torsi tertinggi senilai 9,6 Nm dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² pada rentang putaran mesin 4000 hingga 5000 rpm. Pada rentang putaran mesin yang sama, selisih output torsi sebesar 1,2 Nm dan 0,3 Nm lebih rendah dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm² pada rentang putaran mesin 4000 hingga 5000 rpm secara berurutan. Output torsi pada mesin dengan beberapa variasi tekanan kompresi yang menggunakan bahan RON 95 bisa dilihat secara jelas pada Gambar 7.



Gambar 7. Output torsi menggunakan bensin RON 95 dengan variasi tekanan kompresi.

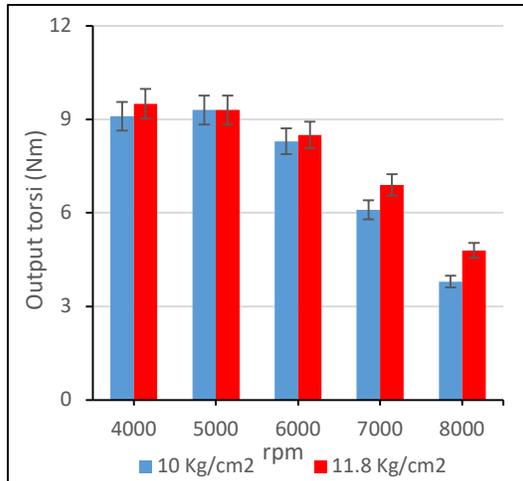
Pengujian output torsi mesin dengan beberapa variasi tekanan kompresi menggunakan bahan bakar RON 92 bisa dilihat pada Tabel 5. Output torsi tertinggi senilai 9,5 Nm dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² pada rentang putaran mesin 4000 rpm. Secara umum, output torsi yang dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² lebih besar. Hasil pengujian output torsi yang dihasilkan oleh mesin dengan beberapa variasi tekanan kompresi bisa dilihat lebih jelas pada Tabel 5.

Tabel 5. Output torsi dengan bensin RON 92.

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

Output torsi terendah dengan nilai 4,1 Nm dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm² pada putaran mesin 8000 rpm. Pada rentang putaran mesin yang sama, mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² mampu menghasilkan output torsi 1,1 Nm lebih besar. Hasil dari pengujian ini mengindikasikan jika semakin tinggi tekanan kompresi dari sebuah mesin, maka diperlukan angka oktan bahan bakar yang semakin tinggi pula, sehingga mesin mampu menghasilkan output torsi yang optimal [13].

Gambar 8 di bawah ini, menunjukkan nilai output torsi dengan nilai terendah yang dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 10 kg/cm² pada rentang putaran mesin 8000 rpm yakni hanya sebesar 3,8 Nm. Pada rentang putaran mesin yang sama, selisih output torsi yang lebih tinggi sebesar 1 Nm dihasilkan oleh mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm². Pengujian ini membuktikan jika penggunaan angka oktan bahan bakar yang rendah pada mesin dengan tekanan kompresi yang rendah hanya menghasilkan output torsi yang kurang optimal [14].



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

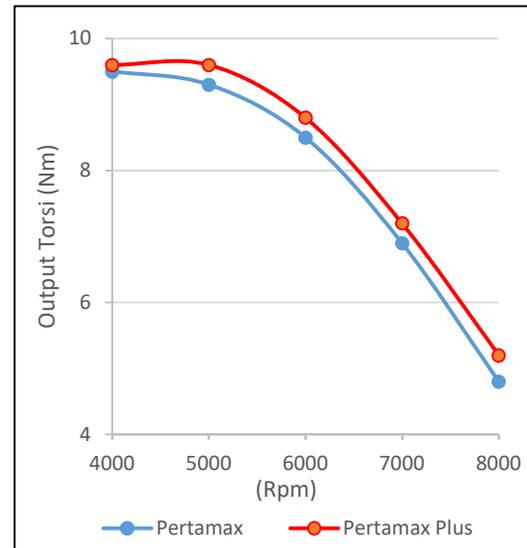
Tabel 6 menunjukkan perbandingan output torsi yang dihasilkan mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² menggunakan bahan bakar RON 92 dan RON 95. Dari rentang putaran mesin 4000 rpm hingga 8000 rpm, mesin yang menggunakan bahan bakar Pertamina Plus mampu menghasilkan output torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bahan bakar Pertamina. Secara umum, mesin yang menggunakan bahan bakar RON 95 mampu menghasilkan output torsi 4% lebih besar dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bahan bakar RON 92.

Tabel 6. Perbandingan output torsi mesin menggunakan dua jenis bahan bakar.

Output torsi pada tekanan kompresi 11.8 kg/cm ² (Nm)		
Rpm	Pertamax	Pertamax Plus
4000	9,5	9,6
5000	9,3	9,6
6000	8,5	8,8
7000	6,9	7,2
8000	4,8	5,2

Gambar 9 secara jelas menunjukkan perbandingan output torsi mesin pada tekanan kompresi 11,8 kg/cm² menggunakan bahan bakar RON 95 dan RON 92. Pada rentang putaran mesin 8000 rpm, mesin yang menggunakan bahan bakar RON 92 menghasilkan output torsi sebesar 4,8 Nm, sementara itu, mesin yang menggunakan bahan bakar RON 95 mampu menghasilkan output torsi 8% lebih baik yaitu senilai 5,2 Nm. Hal ini kembali membuktikan, jika penggunaan bahan bakar dengan angka oktan yang tinggi pada mesin dengan tekanan kompresi yang

tinggi akan menghasilkan output torsi yang optimal [15].



Gambar 9. Perbandingan output torsi pada tekanan kompresi 11,8 kg/cm².

4. Kesimpulan

Daya dan torsi yang dihasilkan oleh sebuah mesin pembakaran dalam sangat dipengaruhi oleh tekanan kompresi dan angka oktan bahan bakar yang digunakan. Penggunaan bahan bakar RON 95 pada mesin dengan tekanan kompresi 11,8 kg/cm² menghasilkan output daya dan torsi yang paling tinggi. Dari hal ini bisa disimpulkan, jika pemilihan angka oktan bahan bakar harus disesuaikan dengan tekanan kompresi mesin agar dihasilkan output daya dan torsi yang optimal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Bengkel Hyperspeed, Semarang, yang telah memberikan fasilitas untuk pengujian *dynamometer*.

Daftar Pustaka

- [1] Benson RS, Whitehouse ND. Internal Combustion Engines. A Detailed Introduction to the Thermodynamics of Spark and Compression Ignition Engines, Their Design and Development Manchester: Pergamon Press; 1979.
- [2] Pulkrabek WW. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine Wisconsin: Prentice-Hall; 1997.
- [3] Ferguson CR, Kirkpatrick AT. Internal combustion engines: applied thermosciences: John Wiley & Sons; 2015.
- [4] Kristanto P. Motor Bakar Torak-Teori & Aplikasinya, 1st ed. Yogyakarta: Andi Offset; 2015.
- [5] Maurya RK, Agarwal AK. Experimental study of combustion and emission

- characteristics of ethanol fuelled port injected homogeneous charge compression ignition (HCCI) combustion engine. *Applied Energy*. 2011;; 1169-1180.
- [6] Octa A. Literature Review: Meningkatkan Kepuasan Pelanggan Di Bengkel Resmi Menggunakan Sistem Manajemen Pelanggan Elektronik. *Inform. J. Ilmu Komput.* 2019;; vol. 4221.
- [7] 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. ; 2018.
- [8] Rodríguez-Fernández J, Ramos A, Barba J, Cárdenas D, Delgado J. Improving fuel economy and engine performance through gasoline fuel octane rating. *Energies*. 2020;; 13(13), p.3499.
- [9] 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*. 2019; 153: pp.669-677.
- [10] Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi. Statistik minyak gas dan bumi semester 1. ; 2021.
- [11] Muku IDMK, Sukadana IGK. Pengaruh Rasio Kompresi terhadap Unjuk Kerja Mesin Empat Langkah Menggunakan Arak Bali sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*. 2009; 3(April): 26-32.
- [12] Saifudin M, Susila IW. Uji Performa dan Uji Emisi Gas Buang Mesin Sepeda Motor Berbahan Bakar BIOETHANOL Dari Tetes Tebu. *Jurnal Teknik Mesin*. 2018; 6(2).
- [13] 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*. 2018; 1(1): 82-84.
- [14] Ariawan IWB, Kusuma WBGI, Adnyana IB. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertalite Terhadap Unjuk Kerja Daya, Torsi Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Bertransmisi Otomatis. *J. METTEK*. 2016; 2(1): 51-58.
- [15] Rahmat B, Wijaya MBR. Performance Comparison of One Cylinder Combustion Engine with Variations of Compression Pressure and Octane Number Gasoline. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 2023; 17(1): 31-37.