

Analisis Perbandingan Daya Mesin Menggunakan *Turbocharger* dan Tanpa Menggunakan *Turbocharger*

Achmad Rijanto

Universitas Islam Majapahit, Mojokerto

Email: 2rijanto1970@unim.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan daya mesin pada kendaraan mitsubishi canter FE73 dengan menggunakan turbocharger dan tanpa menggunakan *turbocharger*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental. Untuk mengetahui daya mesin diesel, dilakukan pengujian daya dengan putaran mesin mencapai 4000 rpm. Pada 4000 rpm tekanan gas menggunakan turbocharger sebesar 0,30 kg/cm², sedangkan tanpa menggunakan *turbocharger* tekanan gas sebesar 0,28 kg/cm². Dari hasil penelitian diperoleh, bahwa untuk daya maksimum tertinggi diperoleh pada 3800 rpm, dimana mesin dengan menggunakan turbocharger memiliki daya maksimum sebesar 57,24 kW, sedangkan mesin tanpa turbocharger memiliki daya maksimum sebesar 52,15 kW. Pada putaran mesin maksimum yaitu 4000 rpm, diperoleh daya maksimum untuk mesin dengan turbocharger sebesar 54,56 kW dan mesin tanpa turbocharger sebesar 50,67 kW. Jika dilihat perbandingan dari putaran mesin yang berbeda dapat dikatakan bahwa mesin dengan *turbocharger* memiliki keunggulan dari sisi keluaran daya maksimum dibandingkan dengan mesin tanpa turbocharger.

Kata Kunci: perbandingan, daya mesin, *turbocharger*, putaran mesin

Abstract

The aim of this research was to compare the engine power of the Mitsubishi Canter FE73 vehicle using a turbocharger and without using a turbocharger. The method used in this research was experimental. To determine the power of a diesel engine, a power test was carried out with the engine speed reaching 4000 rpm. At 4000 rpm the gas pressure using the turbocharger was 0.30 kg/cm², while without using the turbocharger the gas pressure was 0.28 kg/cm². From the research results, it was found that the highest maximum power was obtained at 3800 rpm, where the engine using a turbocharger had a maximum power of 57.24 kW, while the engine without a turbocharger had a maximum power of 52.15 kW. At maximum engine speed, namely 4000 rpm, the maximum power obtained for the engine with a turbocharger was 54.56 kW and for the engine without a turbocharger it was 50.67 kW. If you look at the comparison of different engine speeds, it can be said that an engine with a turbocharger has an advantage in terms of maximum power output compared to an engine without a turbocharger.

Keywords: comparison, engine power, *turbocharger*, engine speed

Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang teknologi otomotif yang semakin pesat, maka menuntut teknologi yang akrab dengan lingkungan, dan konsumsi bahan bakar yang sehemat mungkin. Hal ini merupakan tantangan tersendiri para perancang otomotif atau para insinyur untuk terus berupaya dan berinovasi menciptakan kendaraan dengan tingkat polusi yang serendah- rendahnya, hemat bahan bakar serta mempunyai performa yang tinggi.

Untuk memperoleh hal tersebut di atas sudah tentu diperlukan suatu perangkat tambahan salah satu diantaranya dengan memakai *turbocharger*. Alat ini merupakan perangkat untuk menyuplai udara dengan kepadatan yang melebihi kepadatan udara atmosfer kedalam silinder untuk ditekan pada langkah kompresi, dengan memanfaatkan gas buang untuk menggerakkan turbin, bersamaan dengan berputarnya turbin maka kompresor juga ikut berputar.

Daya yang dihasilkan oleh motor bakar diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Makin banyak bahan bakar yang dapat dibakar, makin besar daya yang dapat dihasilkan. Hal ini terjadi jika tersedia udara secukupnya, biasanya dengan faktor kelebihan udara yang lebih besar, itu berarti bahwa daya mesin dibatasi oleh kemampuan motor tersebut menghisap udara yang diperlukan untuk pembakaran. Daya yang diperoleh dari mesin dan yang diserap oleh dinamometer adalah hasil dari torsi dan kecepatan sudutnya.

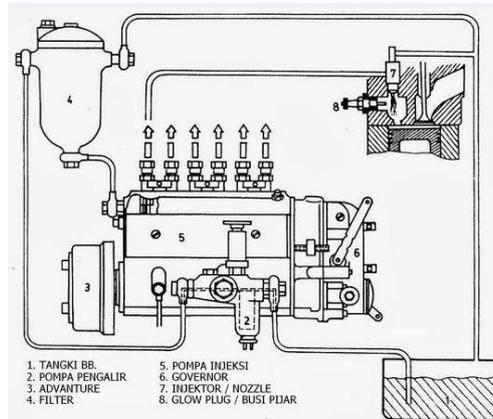
$$P = T \cdot \omega \quad \dots (1)$$

dimana $P =$ Daya (W), $T =$ Torsi (Nm), dan $\omega =$ Kecepatan sudut (rpm).

Pada mesin empat langkah terdapat impitan katup (*overlap valve*) yaitu kedua katup isap dan katup buang berada dalam keadaan terbuka, sehingga sebagian udara segar yang masuk mendorong sisa gas hasil pembakaran keluar dari dalam silinder. Hal ini merupakan kerugian yang tidak dapat dihindari. Jadi udara yang dimasukkan ke dalam silinder tidak semuanya digunakan untuk pembakaran. Jika sebuah mesin empat langkah dapat menghisap udara pada kondisi isapannya sebanyak volume langkah toraknya untuk setiap langkah isapnya, maka hal ini merupakan sesuatu hal yang ideal. Namun, hal tersebut tidak terjadi dalam keadaan sebenarnya. Perbandingan dalam jumlah udara yang terisap sebenarnya terhadap jumlah yang terisap dalam keadaan ideal, dinamakan *Efisiensi Volumetric*. *Efisiensi Volumetric* merupakan fungsi dari kecepatan udara yang terisap, dimana maksimum terjadi pada suatu putaran poros tertentu. Dengan demikian merupakan fungsi dari faktor kelebihan udara, yaitu dengan turunnya kerapatan udara.

Mesin diesel adalah motor bakar torak yang berbeda dengan motor bakar bensin, proses penyalaan bukan dengan loncatan bunga api listrik melainkan proses penyalaan bahan bakarnya berlangsung secara spontan akibat temperatur dan tekanan ruang bakarnya yang cukup tinggi. Pada langkah isap hanya udara segar saja yang masuk ke dalam silinder. Dimana pada waktu torak hampir mencapai titik mati atas (TMA) bahan

bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar. Karena temperatur dan tekanan yang tinggi maka bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya. Persyaratan ini dapat dipenuhi apabila digunakan perbandingan kompresi yang cukup tinggi, berkisar antara 12 sampai 25. Perbandingan kompresi yang rendah pada umumnya digunakan pada motor diesel berukuran besar dan putaran rendah.



Gambar 1. Komponen sistem bahan bakar diesel

Dengan mempergunakan *turbocharger*, udara akan dipaksa masuk ke dalam ruang bakar sehingga *efisiensi volumetric* menjadi naik, dengan demikian daya poros pun akan naik. Disamping peningkatan *efisiensi volumetric* diharapkan dapat memperoleh kerja persiklus yang lebih besar dengan volume langkah torak yang sama atau dengan perkataan lain, dengan *turbocharger* diharapkan bisa diperoleh tekanan efektif rata-rata yang lebih besar (daya yang lebih besar) dengan motor yang berukuran sama.

Pada prinsipnya *supercharger* dan *turbocharger* mempunyai tujuan yang sama, yaitu memperbesar jumlah udara yang masuk ke dalam silinder. Hal ini bertujuan meningkatkan daya motor tanpa memperbesar kapasitas motor tersebut. Ada perbedaan dalam proses kerja antara *supercharger* dan *turbocharger*, yaitu pada penggerak impeler turbin dimana pada *supercharger* impeler turbin digerakkan oleh gerakan mekanik yang ditransfer dari putaran poros engkol, sedangkan pada *turbocharger* memanfaatkan gas buang sebagai penggerak impeler turbin.

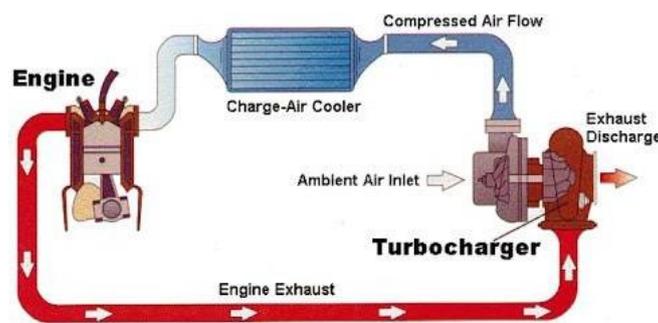
Sebuah motor diesel empat langkah yang bekerja dengan *turbocharger*, tekanan isapnya lebih tinggi dari tekanan atmosfer sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan jalan memaksa udara atmosfer masuk kedalam silinder selama langkah isap. Dengan cara mendinginkan udara bertekanan sebelum masuk kedalam silinder *turbocharger* dengan *intercooler* diharapkan bisa memperoleh tekanan efektif rata-rata yang lebih besar dengan

mengurangi turunnya kerapatan udara akibat temperatur yang tinggi, sehingga akan dihasilkan daya yang lebih besar dengan ukuran motor yang sama.



Gambar 2. Turbocharger

Tujuan utama penggunaan *turbocharger* dengan *intercooler* adalah untuk memperbesar daya motor (30 – 80%), boleh dikatakan bahwa motor diesel dengan *turbocharger* dapat bekerja lebih efisien, apabila motor harus bekerja pada ketinggian lebih dari 1500 meter di atas permukaan laut, *turbocharger* mempunyai arti penting dalam usaha mengatasi kerugian daya yang disebabkan oleh berkurangnya kepadatan udara atmosfer di tempat tersebut.



Gambar 3. Skema instalasi sederhana *turbocharger* dengan *intercooler*

Ada tiga metode pengoperasian *turbocharger* yang dipergunakan untuk memanfaatkan energi yang berguna pada gas buang, yaitu: *turbocharger* sistem tekanan konstan (*constant pressure system*), *turbocharger* sistem pulsa (*pulse system*), dan *turbocharger* sistem converter pulsa (*pulse-converter system*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan besarnya daya yang dihasilkan oleh motor bakar yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar dengan menggunakan *turbocharger* dan tanpa menggunakan *turbocharger*.

Beberapa penelitian terkait dengan penggunaan *turbocharger* seperti dilakukan oleh Hendrawan, menyatakan bahwa pemakaian *turbocharger* akan meningkatkan performa mesin, karena panas buang dapat dimanfaatkan kembali. Penggunaan

turbocharger dapat menaikkan tekanan dan temperatur pembakaran yang tinggi. Untuk dapat meningkatkan daya pada motor diesel dapat digunakan turbocharger (Hendrawan et al., 2020). Penelitian terkait lainnya menyatakan, bahwa kenaikan torsi maksimum sebesar 18,31 N.m pada 2000 rpm dan tanpa *turbocharger* torsi maksimumnya sebesar 16,52 N.m pada 1800 rpm. Untuk maksimum daya dengan *turbocharger* dicapai 3800 rpm yaitu 57,24 kW dan tanpa *turbocharger* pada 3800 rpm yaitu 52,15 kW. Untuk konsumsi bahan bakar spesifik pada torsi maksimum dengan *turbocharger* sebesar 154,8 gr/ps.h dan tanpa *turbocharger* yaitu 172,3 gr/ps.h. Dengan *turbocharger* tekanan efektif rata-rata maksimum dicapai pada 2000 rpm yaitu 9,20 kg/cm² dan tanpa *turbocharger* pada 1800 rpm sebesar 8,30 kg/cm². Untuk batas asap pada mesin yang menggunakan *turbocharger* hasil pengukuran batas asap maksimum 2,07g/m³ sedangkan pada mesin tanpa *turbocharger* hasilnya adalah 4,53g/m³ (Yusuf et al., 2019). Penelitian lainnya terkait penambahan supercharger, menyatakan bahwa penambahan Supercharger pada system udara paksa akan membantu meningkatkan tekanan dalam ruang bakar sehingga daya dan torsi yang dihasilkan akan meningkat. Peningkatan tersebut bukan hanya terjadi dalam ruang bakar tetapi juga pada pipa – pipa penghantar udara yang ada pada supercharger menuju karburator sehingga bahan bakar yang dihantarkan menuju karburator juga harus memiliki tekanan agar bisa dikabutkan (Kusnadi, 2014).

Rasio tekanan kompresor *turbocharger* terhadap kinerja mesin diesel juga diteliti oleh Dwinanto, hasil penelitiannya menyatakan bahwa mesin diesel tipe 4D56 2.5L yang menggunakan *turbocharger* tunggal dengan maksimum daya 136 PS pada putaran 4000 rpm, dan torsi maksimum 324 Nm pada 2000 rpm. Rasio tekanan kompresor yang diteliti hanya 1,5 dan 2,5 yang dibandingkan dengan mesin diesel tanpa *turbocharger* (*Natural Aspirated/NA*). Kapasitas mesin 2477 cc, 4 silinder, dan rasio kompresi 18:1. Bahan bakar yang digunakan adalah Biodiesel SME (Soya Methyl Ester, C₁₅H₂₈) dengan angka setana 56,5. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *turbocharger* akan menyebabkan peningkatan daya mesin, terutama pada rasio tekanan kompresor yang tinggi karena pengisian udara yang lebih besar bila dibandingkan dengan mesin diesel NA untuk rentang putaran mesin 750 rpm sampai dengan 5000 rpm. Untuk mesin diesel yang menggunakan *turbocharger*, BSFC akan berkurang dengan meningkatnya putaran mesin (Pell et al., 2022). Pengaruh penambahan *turbocharger* terhadap kinerja mesin

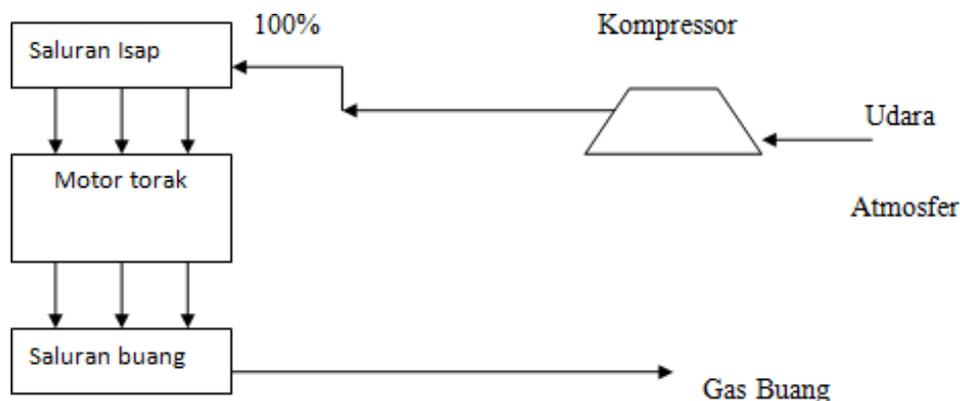
diesel juga telah dilakukan penelitian oleh Yunandi, dkk., hasil penelitiannya menyatakan bahwa mesin diesel Daihatsi tipe CB-23 yang menggunakan *turbocharger* mempunyai daya maksimum sebesar 28,33 HP yang terjadi pada putaran 3400 rpm sedangkan mesin diesel tanpa menggunakan *turbocharger* memiliki daya maksimum sebesar 20,99 HP pada putaran 3600 rpm. Untuk maksimum torsi yang dihasilkan mesin dengan *turbocharger* sebesar 65,89 N.m pada putaran 2400 rpm dan torsi maksimum untuk mesin diesel tanpa *turbocharger* sebesar 53,79 N.m pada putaran 2400 rpm. Mesin dengan *turbocharger* akan meningkatkan daya dari motor sebesar 34,97% dan nilai torsi mesin yang dihasilkan menggunakan *turbocharger* lebih tinggi dibandingkan dengan mesin normal (Rasdy Yunandi, Abrar, 2021). Kajian teoritis penggunaan *turbocharger*, juga telah dilakukan oleh Nasution, dkk., menyatakan bahwa dalam kajian teoritis ini menggunakan data spesifikasi teknis mesin mobil tipe 3SZ-VE. Hasil analisa termodinamika daya bersih W_{net} dengan penggunaan *turbocharger* meningkat sebanyak 20,29% dibandingkan tanpa penggunaan *turbocharger*. Performansi mesin tanpa *turbocharger* diperoleh mep sebesar 2691,906 kPa, P_i pada putaran 4400 rpm sebesar 147,5613 kW, P_s sebesar 65,09 kW, sfc sebesar 292,675 gram/kW. jam, η_m sebesar 44,11%, dan η_v sebesar 98,46%. Performansi dengan *turbocharger* diperoleh mep sebesar 3238,314 kPa, P_i pada putaran 4400 rpm sebesar 177,5136 kW, P_s sebesar 65,09 kW, sfc sebesar 355,379 gram/kW. jam, η_m sebesar 36,66% dan η_v sebesar 98,45%. Daya *turbocharger* sebesar 3,54915 kW dengan putaran 59200 rpm pada saat putaran mesin bensin 6000 rpm (Morfi Nasution et al., 2021). Dan penelitian yang dilakukan oleh Ruslan menyatakan bahwa daya yang dihasilkan tiap siklus pembakaran meningkat, dari sebelumnya tanpa *turbocharger* 0,639 kJ menjadi 0,739 kJ akibat penggunaan *turbocharger*. Efisiensi thermal yang dihasilkan pada mesin tanpa *turbocharger* 38,92% sedangkan pada mesin dengan *turbocharger* adalah 45,01%. Peningkatan daya mesin juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain diantaranya, nilai kalor bahan bakar, tekanan udara masuk, dan temperatur udara masuk. Penggunaan bahan bakar pada mesin dengan *turbocharger* lebih efektif dibandingkan dengan mesin tanpa *turbocharger* (Ruslan et al., 2018).

Analisis perbandingan dan penggunaan *turbocharger* juga telah dilakukan penelitian sebelumnya. Dalam penelitian yang telah dilakukan Purnama menyatakan, bahwa Pada *load* 0% putaran 777.948 RPM, sistem dua tingkat menghasilkan daya

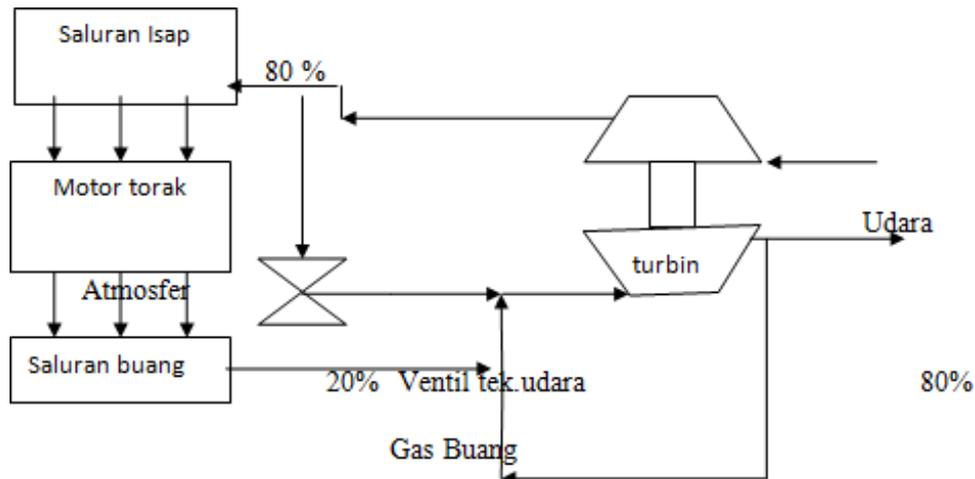
sebesar 17.400 HP dan 2.685 HP pada sistem satu tingkat. Sedangkan momen punter yang dihasilkan sistem dua tingkat sebesar 197.989 lb.ft dan 18.126 lb.ft pada sistem satu tingkat. Pada *load* 100% putaran 1801.267 RPM sistem dua tingkat menghasilkan daya maksimum sebesar 1331.325 HP dan 915.220 HP pada sistem satu tingkat. Momen puntir yang dihasilkan sistem dua tingkat sebesar 3883.171 lb.ft dan 2668.474 lb.ft pada sistem satu tingkat (Purnama & Saksono, 2015). Pengaruh *turbocharger* juga telah dilakukan penelitian sebelumnya Sitanggang dkk. menyatakan, bahwa dengan meningkatnya tekanan efektif rata-rata maka meningkat pula daya efektif (N_e) yaitu sebesar 152 hp, sedangkan untuk motor diesel tanpa Turbocharger daya efektif (N_e) yang dihasilkan adalah 110 hp, sehingga persentase peningkatan daya yang diperoleh adalah sebesar 42% (Sitanggang et al., 2021). Dan selanjutnya Purwanto dkk. menyatakan, bahwa dari hasil pengujian mesin Yamaha V-IXION *turbocharger* di peroleh data-data, peak daya terjadi pada 8622 rpm dengan daya sebesar 14,7 HP, peak torsi terjadi pada 8547 rpm dengan torsi sebesar 12,21 Nm², konsumsi bahan bakar yang di pergunakan adalah 2,63 liter dengan jarak tempuh 94,6 km (Purwanto et al., 2023).

Metode

Metode penelitian yang digunakan menggunakan metode pengujian eksperimental. Pengujian dilakukan dengan dengan dua jenis pengujian yaitu pengujian performa mesin tanpa *turbocharger* dan pengujian menggunakan *turbocharger*. Data yang diperoleh yaitu data daya mesin, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik dan gas buang tanpa *turbocharger* dan menggunakan *turbocharger*. Skema pengujian performa mesin dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Skema pengujian tanpa *turbocharger*



Gambar 5. Skema pengujian dengan turbocharger

Alat dan bahan yang perlu disiapkan ketika melaksanakan pengujian meliputi: paket piranti lunak ADS (*Advance Dyno Station Remote control*) untuk mengatur kecepatan dan torsi pengait rantai untuk meletakkan kendaraan pada alat uji alat ukur Bosch untuk mengukur kepekatan gas buang pada knalpot.

Langkah-langkah pelaksanaan pengujian sebagai berikut: 1) Memasang perlengkapan pengujian keakuratan mesin: Paket piranti lunak ADS (*Advance Dyno Station Remote control*) untuk mengatur kecepatan dan torsi Pengait rantai untuk meletakkan kendaraan pada alat uji alat ukur Bosch untuk mengukur kepekatan gas buang pada knalpot, 2) Melakukan pemanasan awal (*motoring*), batasan *motoring* adalah *thermostat* pada saat *thermostast housing* membuka pada temperatur 70°C . Hal ini dapat dilihat dengan naiknya temperatur air pendingin keluar mesin pada *thermister set*. 3) melengkapi lembaran pengujian selama pemanasan. 4) Menguji mesin menggunakan *turbocharger* dan tanpa *turbocharger*. Setelah proses pemanasan terakhir (4000 rpm) atur tekanan gas: mesin diesel tanpa *turbocharger*; $0,28\text{ kg/cm}^2$ pada 4000 rpm, mesin diesel dengan *turbocharger*; $0,30\text{ kg/cm}^2$ pada 4000 rpm. 5) Menaikkan akselerasi (*engine speed control cable*) perlahan-lahan sampai posisi maksimum; isi data pengujian untuk setiap percepatan tertentu. 5) mengambil data hasil pengujian secara berulang untuk mendapatkan data yang valid.

Hasil dan Pembahasan

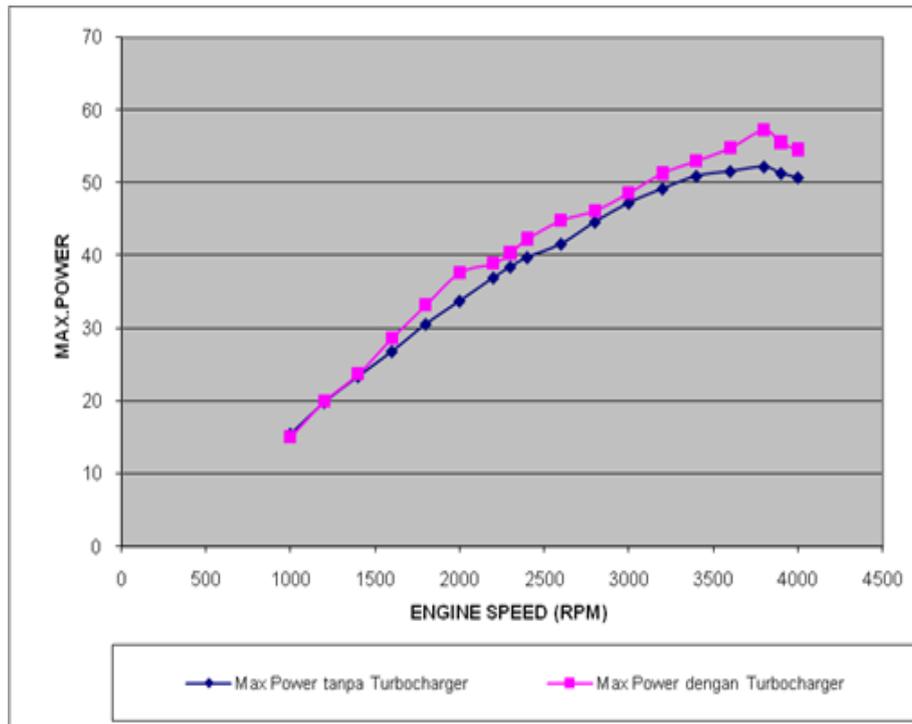
Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Maka menghasilkan data daya mesin yang tanpa *turbocharger* dan yang menggunakan *turbocharger* pada putaran mesin yang berbeda seperti tabel berikut:

Tabel 1. Daya mesin pada putaran mesin yang berbeda

Putaran Mesin (rpm)	Tanpa Turbocharger		Menggunakan Turbocharger	
	W (kg)	Pmax (kW)	W (kg)	Pmax (kW)
1000	20,4	15,47	20,10	15,06
1200	21,60	19,81	22,20	19,97
1400	21,85	23,37	22,60	23,71
1600	21,92	26,80	23,90	28,66
1800	22,21	30,55	24,60	33,19
2000	22,06	33,72	25,10	37,62
2200	21,96	36,92	23,60	38,91
2300	21,85	38,40	23,40	40,33
2400	21,65	41,56	23,50	42,27
2600	20,92	44,57	23,00	44,82
2800	20,83	47,18	22,00	46,17
3000	20,58	47,18	21,60	48,57
3200	20,09	49,13	21,40	51,32
3400	19,58	50,87	20,80	53,00
3600	18,73	51,53	20,30	54,77
3800	17,96	52,15	20,10	57,24
4000	16,60	50,67	18,20	54,56

Pada tabel 1 dapat dilihat perbandingan daya mesin tanpa *turbocharger* dan menggunakan *turbocharger* pada putaran mesin yang berbeda. Untuk daya maksimum tertinggi diperoleh pada 3800 rpm, dimana mesin tanpa *turbocharger* memiliki daya maksimum sebesar 52,15 kW, sedangkan mesin dengan menggunakan *turbocharger* memiliki daya maksimum sebesar 57,24 kW. Pada putaran mesin maksimum yaitu 4000 rpm, diperoleh daya maksimum untuk mesin tanpa *turbocharger* sebesar 50,67 kW, sedangkan mesin menggunakan *turbocharger* sebesar 54,56 kW dan. Jika dilihat perbandingan dari putaran mesin yang berbeda dapat dikatakan bahwa mesin menggunakan *turbocharger* memiliki keunggulan dari sisi keluaran daya maksimum dibandingkan dengan mesin tanpa *turbocharger*.

Dari data pada tabel 1 ditunjukkan hubungan antara kecepatan putaran mesin (rpm) terhadap daya maksimum atau maksimum power pada mesin tanpa *turbocharger* dan mesin menggunakan *turbocharger*, dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik daya maksimum terhadap kecepatan putaran mesin

Pada Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa daya yang dihasilkan mesin dengan menggunakan *turbocharger* lebih besar dari pada mesin tanpa *turbocharger*. Pada pengujian mesin dengan menggunakan *turbocharger* daya maksimum didapat pada putaran mesin 3800 rpm sebesar 57,24 kW, sedangkan pada mesin tanpa *turbocharger* daya maksimum didapat pada putaran mesin 3800 rpm sebesar 52,15 kW. Ada peningkatan nilai daya maksimum pada mesin dengan menggunakan *turbocharger* sebanyak 9,76 % dari kondisi mesin tanpa *turbocharger*.

Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan, bahwa untuk daya maksimum tertinggi diperoleh pada 3800 rpm, dimana mesin dengan menggunakan *turbocharger* memiliki daya maksimum sebesar 57,24 kW, sedangkan mesin tanpa *turbocharger* memiliki daya maksimum sebesar 52,15 kW. Pada putaran mesin maksimum yaitu 4000 rpm, diperoleh daya maksimum untuk mesin dengan *turbocharger* sebesar 54,56 kW dan mesin tanpa *turbocharger* sebesar 50,67 kW. Jika dilihat perbandingan dari putaran mesin yang berbeda dapat dikatakan bahwa mesin dengan *turbocharger* memiliki keunggulan dari sisi keluaran daya maksimum dibandingkan dengan mesin tanpa

turbocharger. Pada utaran mesin 3800 rpm ada peningkatan nilai daya maksimum pada mesin dengan menggunakan *turbocharger* sebanyak 9,76 % dari kondisi mesin tanpa *turbocharger*.

Daftar Pustaka

- Hendrawan, A., Nugroho, A. J., Akademi, D., Nusantara, M., Akademi, T., Kendeng, J., & Cilacap, S. (2020). Pengaruh Turbocharger Terhadap Daya Mesin In Induk KN Prajapati. In *Majalah Ilmiah Gema Maritim: Vol. 22 Nomor 1*.
- Kusnadi. (2014). Pengaruh Penggunaan Turbocharger Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel Tipe L 300. *Nozzle Jurnal Mechanical Engineering*, 3(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.30591/nozzle.v3i1.195>
- Morfi Nasution, D., Nasution, A., & Darma Ginting, S. (2021). Kajian Teoritis Penggunaan Turbocharger Terhadap Performansi Mesin Bensin Tipe 3SZ-VE 1500 CC Daihatsu Terios. *Jurnal Dinamis*, 9(2), 12–21. <https://talenta.usu.ac.id/dinamis>
- Pell, Y. M., Dwinanto, M. M., Adi Sucipto, J., Kupang, K., & Tenggara Timur, N. (2022). *Pengaruh Rasio Tekanan Kompresor Turbocharger Terhadap Kinerja Mesin Diesel dan Emisi NOX* (Vol. 24, Issue 4).
- Purnama, S., & Saksono, P. (2015). *Analisa Perbandingan Aplikasi Sistem Satu dan Dua Tingkat Turbocaharger Terhadap Performansi Cummins Engine K38-C* (Vol. 3, Issue 1).
- Purwanto, T. S., Ekajati, A., Mahardika, A., & Rahmadi, K. H. J. (2023). *Aplikasi Dan Pengaruh Sistem Turbocharger Berkapasitas 100cc-200cc Pada Performa Mesin Yamaha V-Ixion* (Vol. 03, Issue 01).
- Rasdy Yunandi, Abrar, S. (2021). Unjuk Kerja Mesin Diesel Terhadap Penambahan Turbocharger. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(3), 465–477.
- Ruslan, W., Bunga, T., Septian, D., & Saputra, W. (2018). Perhitungan Daya Dan Efisiensi Thermal Pada Mobil Mercedes Benz Menggunakan Turbocharger. *Prosiding Semrestek 2018 Fakultas Teknik Universitas Pancasila*, 110–118.
- Sitanggang, H., Wiranta, E., Siahaan, B., & Prog, D. (2021). *Pengaruh Turbocharger Terhadap Daya Motor Bakar Pada Mesin Yanmar Model 495-T 4 Silinder 350 PS* (Vol. 5, Issue 1).
- Yusuf, Y., Caturwati, N. K., Rosyadi, I., Haryadi, H., & Abdullah, S. (2019). Analisis prestasi mesin mobil diesel turbocharger yang diuji dengan dynamometer. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 15(2), 92. <https://doi.org/10.36055/tjst.v15i2.6815>