Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Diameter Sudu Kompresor *Turbocharger* pada Daya, Torsi dan Emisi CB150R

Moch Syaiful Huda[1], Anugrah Fardhan Rasyidi[2], Afrizal Amir[3], Zain Lillahulhaq[4], Naili Saidatin[5], Dian Yanuarita Purwaningsih [6]
[1,2,3,4,5]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
[6]Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
E-mail: zain@itats.ac.id

ABSTRACT

A turbocharger is a centrifugal compressor driven by a turbine that is rotated by vehicle exhaust fumes. Turbochargers are applied to high-pressure combustion such as diesel engines to increase energy output and engine efficiency. Installation of a turbocharger can be done on 2-wheeled vehicles at a larger combustion chamber's capacity and dimensions. Literacy about the use of a turbocharger on two-wheeled vehicles such as motorbikes is very rare. It is challenging to know the effect of using a turbocharger on a motorcycle. On motorbikes, hot air intake and high pressure can cause knocking on the combustion to experience a knocking. This study aims to understand the effect of changing the compressor blade's diameter size on the CB150R motorcycle. This study examines changes in emission power and torque performance on motorbikes. Changes in the turbocharger compressor's diameter affect the power and torque produced by the motorbike, from the tests carried out, the results of the motorbike using a turbocharger with a standard compressor size are higher in HP and torque than a standard motorbike without a turbocharger. Installing a turbocharger on a bicycle produces good performance, to adjust the vehicle specifications and the type of turbocharger applied.

Kata kunci: *Turbocharger, compressor, knocking*

ABSTRAK

Turbocharger merupakan kompresor sentrifugal digerakan oleh turbin yang diputar oleh asap gas buang kendaraan. *Turbocharger* diaplikasikan pada pembakaran dalam tekanan tinggi seperti mesi diesel untuk meningkatkan energi output dan efisiensi mesin. Pemasangan *turbocharger* dapat dilakukan pada kendaraan roda 2 pada kapasitas dan dimensi ruang bakar yang lebih besar. Literasi tentang pemanfaatan *turbocharger* pada kendaraan roda dua seperti motor sangat jarang ditemui dan sulit untuk mengetahui pengaruh penggunaan *turbocharger* pada sepeda motor. Pada sepeda motor udara intake yang panas dan memiliki tekanan tinggi dapat menimbulkan knocking pada pembakaran mengalami knocking. Penelitian ini bertujuan untuk memahami pengaruh perubahan ukuran diameter pada sudu kompresor terhadap sepeda motor CB150R. Penelitian ini meninjau perunaham performa daya dan torsi pada sepeda motor. Perubahan diameter kompressor *turbocharger* berpengaruh terhadap emisi, daya dan torsi yang dihasilkan sepeda motor, dari pengujian yang dilakukan didapat hasil motor yang menggunakan *turbocharger* dengan ukuran kompresor standart lebih tinggi HP dan Torsinya dari motor standar tanpa *turbocharger*. Pemasangan *turbocharger* pada sepeda menghasilkan performa yang bagus namun harus dilakukan penyesuaian spesifikasi kendaraan dan jenis *turbocharger* yang diaplikasikan.

Kata kunci: *Turbocharger*, kompresor, Knocking

PENDAHULUAN

Spark Ignition Engine (SIE) merupakan mesin yang bekerja dengan memanfaatkan ledakan pada ruang bakar akibat adanya percikan api yang membakar bahan bakar bertemperatur tinggi. Mesin bensin irit konsumsi bahan bakar dan menghasilkan daya actual yang tinggi, sehingga cocok digunakan untuk kendaraan ringan[1]. Namun rasio kompresi yang dimiliki oleh mesin bensin relative lebih rendah jika dibandingkan dengan mesin diesel. Untuk meningkatakna torsi

kendaraan SIE, terdapat beberapa langkah yang dilakukan dengan tujuan untuk mengontrol system pembahakaran. Salah satu Langkah yang dapat dilakukan iuntuk meningkatkan performa SIE adalah dengan menggunakan bahan bakar berkualitas tinggi seperti pertamax maupun pertamax turbo. Pada dasarnya daya dan torsi kendaraan tidak dipengaruhi oleh variasi bahan bakar dengan oktan yang hampir sama misalnya pada pertamax maupun pertalite[2]. Namun konsumsi bahan bakar kendaraan mengalami perubahan saat menggunakan jenis bahan bakar yang berbeda. Performa kendaraan baru akan mengalami peningkatan saat menggunakan bahan bakar alternative khususnya biogas[3], [4]. Penggunaan biogas akan berpengaruh terhadap ignition timing dan temperature pada proses pembakaran. Apabila tekanan dan temperature terlalu tinggi, maka akan menyebabkan kondisi knocking yang dapat menimbulkan emisi dan noise. Knocking pada proses pembakaran terjadi akibat kondisi ketahanan ruang bakar, konsumsi bahan bakar, dan densitas bahan bakar [5]. Penggunaan biogas dapat mengurangi kemungkinan munculnya knocking pada kendaraan. Selain menggunakan biogas, ada beberapa langkah yang dapat digunakan untuk meningkatkan performa Spark Ignition Engine (SIE) diantaranya adalah modifikasi pada geometri bahan bakar[6], jenis busi yang digunakan[7], injection timming[8], dan pengaturan perbandingan air fuel ratio (AFR)[9].

Pengaturan AFR penting bagi proses pembakaran di mesin SIE karena mempengaruhi emisi dan energy yang dihasilkan oleh proses pembakaran. Proses pembakaran dengan campuran stokiometri menguraikan karbon yang terkandung dalam gasoline menjadi energy dan emisi CO_2, CO dan partukular lain. Pembakaran dengan prosentase campuran bahan bakar lebih tinggi (rich mixture) menghasilkan emisi CO lebih tinggi. Sedangkan kondisi pembakaran miskin (lean) dengan kadar udara tinggi dapat menimbulkan penurunan kadar HC[10]. Peningkatan mass flow udara kedalam ruang bakar dapat dilakukan dengan memasang fan blower pada saluran udara inlet[11]. Pada mesin dengan kompresi tinggi, inlet udara masuk ditingkatkan dengan memasang turbocyclone[12] maupun turbochareger[13].

Turbocharger dapat mengalirkan udara masuk dengan tekanan dan temperature tinggi. Kondisi ini menyebabkan proses pembakaran berubah akibat adanya pergeseran waktu pembakaran. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi diameter sudu kompresor pada performa penggunaan *turbocharger* yang dilengkapi dengan pada motor 4 langkah. Performa yang ditampilkan pada penelitian ini adalah daya dan torsi pada kendaraan. Selain itu penelitian dilakukan dengan menguji emisi kendaraan.

TINJAUAN PUSTAKA

Turbocharger sebenarnya merupakan kompresor sentrifugal digerakan oleh turbin yang diputar oleh asap gas buang kendaraan [14]. *Turbocharger* diaplikasikan pada pembakaran dalam tekanan tinggi seperti mesin diesel untuk meningkatkan energi output dan efisiensi mesin. Kompresor berputar akibat turbin diputar oleh udara buang bertemperatur tinggi [15]. Pemasangan *turbocharger* pada mesin pembakaran dengan tekanan tinggi, seperti *combustion ignition engine* (CIE) diesel, dapat meningkatkan performa mesin. Peningkatan performa mesin diesel yang dilengkapi dengan *turbocharger* dapat di indikasikan dengan adanya peningkatan daya pada kapasitas mesin yang sama. Namun penggunaan *turbocharger* pada mesin kendaraan terjadi peningkatan suhu dan tekanan udara intake. Peningkatan suhu dan tekanan intake dapat mempercepat ignition time (waktu pembakaran) dibandingkan dengan kondisi standart dan terkadang dapat menyebabkan knocking. Untuk mengatasi peningkatan temperatur, udara ber tekanan tinggi yang masuk keruang bakar harus di dinginkan terlebih dahulu dengan menggunakan intercooler. Sehingga tekanan efektif rata-rata pembakaran meningkat dan mencegah penurunan massa jenis udara akibat peningkatan temperature [16].

Turbocharger meningkatkan tekanan udara yang memasuki mesin dan meningkatkan tenaga mesin namun menambah beban di mesin. Penggunaan *turbocharger* mulai diaplikasikan

pada kendaraan roda 2 pada kapasitas bahan bakar tinggi. Pada dasarnya *turbocharger* berfungsi untuk meningkatkan tekanan udara yang akan masuk ke dalam proses pembakaran. Penggunaa *Turbocharger* pada sepeda motor jarang dilakukan karena udara dengan tekanan dan temperature tinggi dari *turbocharger* dapat menyebabkan knocking hingga menyebabkan mesin jebol[17]. Aplikasi dan pemasangan *turbocharger* pada spark ignition engine (SIE) dapat dilakukan pada mobil yang memiliki kapasitas dan ukuran ruang bakar (combustion chamber) tinggi. Pemasangan *turbocharger* pada Mobil berbahan bakar bensin dapat meningkatkan daya actual hingga lebih dari 20%[18].

METODE

Penelitian ini meninjau performa sepeda motor CB150R yang dipasangi *turbocharger* dengan menggunakan uji chasis dynotest yang ditunjukan oleh gambar 1. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pengurangan diameter pada kompresor yang terpasang di *turbocharger*. Pengurangan diameter dilakukan dengan proses bubut pada kompresor dengan pengurangan 1 mm untuk variasi 1 dan 2 mm untuk variasi 2 yang ditunjukan oleh gambar 2.
Modifikasi dilakukan sebelum proses pengujian untuk memperbesar kompresi ruang bakar. Selanjutnya modifikasi dilakukan dengan mengganti ECU dengan aftermarket untuk menyesuaikan program ignition pada motor. Pembakaran pada ruang bakar disesuaikan dengan nilai kompresi awal sepeda motor menjadi 10:1 dengan boost maksimal 0.4 bar dengan limit 11000 rpm. Secara rinci spesifikasi kendaraan sebelum di modifikasi ditunjukan oleh table 1. Langkah modifikasi yang dilakukan diantaranya sebagai berikut :

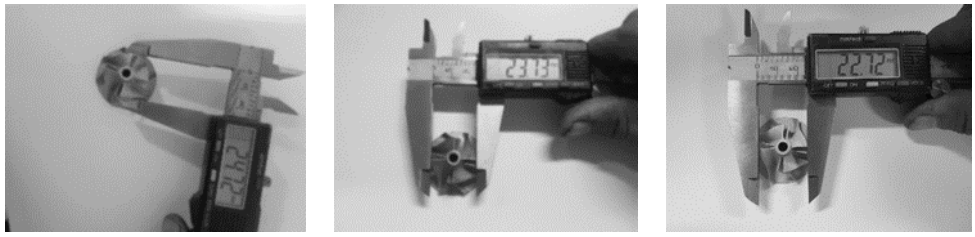
1. Memodifikasi *Compressor Wheel* dengan cara memangkas sebanyak 1 mm dan 2 mm menggunakan spare part yang sama namun telah dimodifikasi guna dapat mengembalikan ke kondisi turbo saat standar.
2. Menurunkan Kompresi, hal ini ditujukan untuk mengurangi "*Engine Knocking*" pada mesin karena udara dari turbo sendiri sebetulnya sudah terkompresi dan memanaskan campuran udara dan bahan bakar bahkan sebelum masuk ke ruang bakar. (standart 11:3, modifikasi menjadi 10:3)
3. Mengganti bensin dengan oktan tinggi, hal ini dilakukan selain untuk memperpanjang umur injector juga untuk memperpanjang umur mesin, juga untuk mengurangi "Knocking" pada mesin. Karena bahan bakar dengan oktan lebih tinggi akan lebih rentan untuk terbakar sendiri karena udara terkompresi. Oktan yang digunakan dalam penelitian adalah RON 92 (Pertamax)

Gambar 1. Proses *Dynotest*

Sebelum proses pengujian hasil bubut kompresor yang akan di pakai di ukur dengan menggunakan jangka sorong yang dihasilkan oleh gambar 2. Dari data yang telah diambil pada proses pengambilan data, diperlukan Analisa data yang dimana proses tersebut diperlukan untuk membuat kesimpulan tentang hasil pengujian pengaruh perubahan diameter kompresor *turbocharger* terhadap performa motor.

Tabel 1. Spesifikasi kendaraan yang digunakan pada penelitian

Tipe Mesin	4 Langkah, DOHC 4 Katup
Kapasitas Mesin	149.16 cc
Diameter x Langkah	57.3 x 57.8
Rasio Kompresi	11.3 : 1
Daya Maksimum	16.9 HP @9000 rpm
Torsi Maksimum	13.8 Nm @7000 rpm



(a) (b) (c)

Gambar 2. Kompresor standar, 2) kompresor variasi 1 (-1mm), 3) kompresor variasi 2 (-2mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh perubahan diameter turbin pada *turbocharger* terhadap daya dan torsi kendaraan

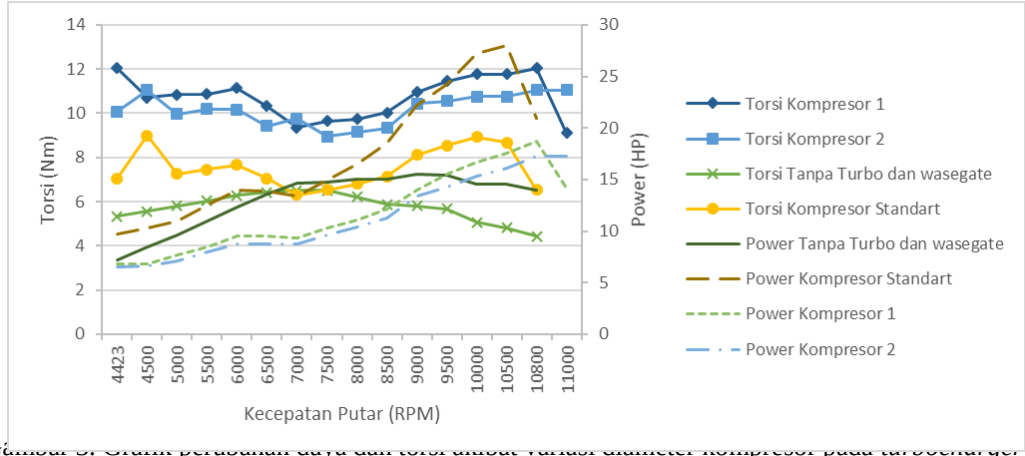
Pada penelitian ini, *Chasis dynamometer* digunakan untuk mendapatkan performa kendaraan berupa daya dan torsi kendaraan. Perubahan nilai daya dan torsi terhadap peningkatan yang dihasilka oleh pengujian di tunjukan oleh gambar 3. Data Torsi ditunjukan dengan garis dan notasi, sedangkan daya yang dihasilkan kendaraan digambarkan dengan menggunakan garis tanpa notasi. Hasil penelitian menunjukan bahwa Torsi yang dihasilkan oleh kendaraan menghasilkan trendline yang fluktuatif pada pemasangan *turbocharger*. Kondisi ini berbeda apabila dibandingkan dengan kendaraan standart yang di uji tanpa menggunakan *turbocharger*. Saat kendaraan tanpa *turbocharger* di tes pada chasys dynamometer, kendaraan menghasilkan performa puncak pada kecepatan angular 7000 RPM. Pada rpm 6000-8000 terjadi penurunan torsi yang disebabkan oleh turbo delay (turbo lag) dimana *turbocharger* sedang membutuhkan jeda waktu untuk berputar lebih kencang dan memberikan tekanan pada ruang bakar.

Pemasangan *turbocharger* menyebabkan penurunan performa kendaraan pada putaran sedang. Namun, nilai torsi yang dihasilkan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kendaraan yang tidak dipasang turbo chareger. Kondisi ini menunjukan bahwa penggunaan *turbocharger* efektif untuk meningkatkan torsi pada kendaraan. Pengurangan diameter kompresor juga berpengaruh terhadap torsi yang dihasilkan oleh motor. Pengurangan diameter kompresor sebesar 1 mm mampu mengoptimalkan torsi kendaraan hingga mencapai 12 Nm. Namun pengurangan diameter kompresor dengan nilai lebih besar dapat menurunkan torsi kendaraan.

Pada gambar 3 juga menunjukan perubahan daya yang dihasilkan oleh kendaraan terhadap perubahan kecepatan angular. Pemasangan *turbocharger* dapat meningkatkan daya yang dihasilkan oleh kendaraan. Namun pengurangan diameter kompresor pada *turbocharger*

menimbulkan penurunan daya pada kendaraan. Dalam hal ini besar diameter kompresor mempengaruhi daya yang dihasilkan, karena celah antara housing kompresor semakin rapat maka udara yang dihisap semakin banyak sehingga hasilnya motor akan berakselerasi lebih cepat dan semakin mudah meraih kecepatan tinggi. Selain itu, motor tidak mengalami knocking pada semua variasi. Namun daya berkurang seiring dengan mengecilnya diameter kompresor *turbocharger*. Maka semakin kecil diameter kompresor maka semakin rendah pula daya yang dihasilkan.

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan *turbocharger* juga meningkatkan Torsi motor dengan baik walau tidak terlalu signifikan. Hasilnya motor mampu mengangkut beban lebih berat dan tarikan awal yang lebih ringan karena mempunyai torsi yang lebih tinggi dari motor standarnya. variasi diameter kompresor juga mempengaruhi performa torsi yang dihasilkan oleh motor. Maka semakin kecil diameter kompresor semakin rendah torsi yang dihasilkan.



Gambar 3. Grafik perubahan daya dan torsi akibat variasi diameter kompresor pada *turbocharger*

Pengaruh perubahan diameter turbin pada *turbocharger* terhadap emisi kendaraan

Emisi merupakan hasil dari pembakaran bahan bakar dan udara, sebagian gas yang keluar menghasilkan gas yang beracun seperti CO dan CH_4. Dari studi eksperimen yang telah kami lakukan dengan memvariasikan diameter kompresor *turbocharger* terhadap performa motor CB 150 R terdapat perbedaan pada hasil uji eksperimen, dari data yang kami peroleh dapat dikatakan mesin yang menggunakan *turbocharger* lebih jelek sedikit dari standar pabrik. Data yang dihasilkan terdiri dari nilai CO, NOx, CH_4, dan CO_2 yang dihasilkan oleh motor CB 150 R.

Tabel 2. Tabel Variasi Diameter Kompresor *Turbocharger* terhadap Emisi

Variasi	CO	CO2	Nox	CH4
	(ppm)	(%)	(ppm)	(%)
Motor Standar	1940	14,47	38	1,56
Turbo Standar	2010	14,32	64	1,82
Variasi Kompresor 1	2383	12,36	37	0,97

Tabel 2 menunjukkan bahwa proses yang lebih rendah, NOx yang hampir sama dengan mesin standar, CH4 yang sangat rendah. Pembakaran motor yang menggunakan *turbocharger* lebih sempurna walau dengan campuran udara dan bbm yang terlalu sedikit. Sedangkan pada variasi kompresor hasil pembakaran tidak terlalu sempurna karena kekurangan udara dan bahan bakar yang agak banyak. Motor dengan *turbocharger* standar memiliki nilai CO yang lebih tinggi,

NOx yang lebih tinggi, CH4 yang lebih tinggi, CO2 yang baik. Sedangkan pada variasi kompresor 1 memiliki nilai CO yang lebih tinggi, CO2

KESIMPULAN

Perubahan diameter kompressor *turbocharger* berpengaruh terhadap daya dan torsi yang dihasilkan sepeda motor, dari pengujian yang dilakukan didapat hasil motor yang menggunakan *turbocharger* dengan ukuran kompresor standart lebih tinggi HP dan Torsinya dari motor standar tanpa *turbocharger*. Pemasangan *turbocharger* pada sepeda menghasilkan performa yang bagus namun harus dilakukan penyesuaian spesifikasi kendaraan dan *turbocharger* yang digunakan. Perubahan diameter kompressor *turbocharger* berpengaruh terhadap emisi dari sepeda motor. Emisi yang dihasilkan oleh motor yang menggunakan *turbocharger* lebih tinggi dari motor standar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan banyak terimakasih kepada RAT MOTORSPORT dan RABBIT SPEED Juanda yang telah memfasilitasi proses dynotest dan proses fabrikasi. Serta kami ucapkan terimakasih kepada UPT K2 Surabaya yang telah memfasilitasi dalam pengujian emisi gas buang yang kami uji.

DAFTAR PUSTAKA

[1] C. Wang *et al.*, "Experimental study on knock suppression of spark-ignition engine fuelled with kerosene via water injection," *Appl. Energy*, vol. 242, pp. 248–259, May 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.03.123.

[2] I. Maridjo, A. R. Yuliyani, J. Teknik, K. Energi, and P. N. Bandung, "PENGARUH PEMAKAIAN BAHAN BAKAR PREMIUM, PERTALITE DAN PERTAMAX TERHADAP KINERJA MOTOR 4 TAK," *J. Tek. ENERGI*, vol. 9, no. 1, pp. 73–78, Nov. 2019, Accessed: Feb. 10, 2021. [Online]. Available: https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/energi/article/view/1648.

[3] S. K. Hotta, N. Sahoo, K. Mohanty, and V. Kulkarni, "Ignition timing and compression ratio as effective means for the improvement in the operating characteristics of a biogas fueled spark ignition engine," *Renew. Energy*, vol. 150, pp. 854–867, May 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.12.145.

[4] G. Setyono, A. Anas Arifin, and Z. Lillahulhaq, "Hydroxy Gas (HHO) Supplement of Ethanol Fuel Mixture In A Single-Cylinder Spark-Ignition Matic-Engine," Oct. 2020. doi: 10.33021/JMEM.V5I2.1136.

[5] Z. Wang, H. Liu, and R. D. Reitz, "Knocking combustion in spark-ignition engines," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 61. Elsevier Ltd, pp. 78–112, Jul. 01, 2017, doi: 10.1016/j.pecs.2017.03.004.

[6] B. Yadollahi and M. Boroomand, "The effect of combustion chamber geometry on injection and mixture preparation in a CNG direct injection SI engine," *Fuel*, vol. 107, pp. 52–62, May 2013, doi: 10.1016/j.fuel.2013.01.004.

[7] B. Budiyono, "Pengaruh kerenggangan celah dan pemilihan jenis busi pada mobil xenia 1.0 terhadap gas buang," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 1, p. 122, Jun. 2020, doi: 10.36055/tjst.v16i1.7701.

[8] S. Jaichandar, P. Senthil Kumar, and K. Annamalai, "Combined effect of injection timing and combustion chamber geometry on the performance of a biodiesel fueled diesel engine," *Energy*, vol. 47, no. 1, pp. 388–394, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.energy.2012.09.059.

[9] B. Deng *et al.*, "The effect of air/fuel ratio on the CO and NOx emissions for a twin-spark motorcycle gasoline engine under wide range of operating conditions," *Energy*, vol. 169,

pp. 1202–1213, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.energy.2018.12.113.

[10] D. Fernandez, "PENGARUH PUTARAN MESIN TERHADAP EMISI GAS BUANG HIDROKARBON (HC) DAN KARBON MONOKSIDA (CO)," 2009. Accessed: Feb. 19, 2021. [Online]. Available: http://images.soemarmo.multiply.com.

[11] S. E. Gemilang and B. Sudarmanta, "KARAKTERISASI UNJUK KERJA MESIN DIESEL SISTEM DUAL FUEL BIODIESEL-SYNGAS HASIL GASIFIKASI MUNICIPAL SOLID WASTE DENGAN VARIASI AIR FUEL RATIO(AFR) MENGGUNAKAN BLOWER," *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, 2015, Accessed: Feb. 19, 2021. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/316439409.

[12] T. Sularto, "Pengaruh modifikasi diameter venturi dan pemasangan turbo cyclone terhadap daya mesin pada sepeda motor FIZR 2003," Accessed: Feb. 19, 2021. [Online]. Available: https://digilib.uns.ac.id/dokumen/5179/Pengaruh-modifikasi-diameter-venturi-dan-pemasangan-turbo-cyclone-terhadap-daya-mesin-pada-sepeda-motor-FIZR-2003.

[13] P. Balashanmugam, E. Elakiya, and S. Sharma, "PERFORMANCE ANALYSIS ON A TURBOCHARGED TWO WHEELER ENGINE," 2013. Accessed: Sep. 24, 2020. [Online]. Available: http://www.ijerst.com/currentissue.php.

[14] T. Tetsui, "Application of TiAl in a *Turbocharger* for Passenger Vehicles," *Adv. Eng. Mater.*, vol. 3, no. 5, pp. 307–310, May 2001, doi: 10.1002/1527-2648(200105)3:5<307::AID-ADEM307>3.0.CO;2-3.

[15] C. Aninditya and T. Sutrisno, "OPTIMASI DESAIN IMPELLER KOMPRESSOR PADA *TURBOCHARGER* TD04-12T UNTUK MESIN MITSUBISHI 4M40."

[16] H. Mahfudiyanto, A. Rijanto, and D. N. Zulfika, "PENGARUH *TURBOCHARGER* TERHADAP TEKANAN EFEKTIF RATA-RATA DAN BATAS ASAP PADA MITSUBISHI CANTER FE73 110PS," vol. 2, pp. 134–140, 2020.

[17] R. B. S. Majanasastra, "Pengaruh Variable Waktu (Aging Heat Treatment) Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Dan Struktur Mikro," vol. 3, no. 2, pp. 87–101, 2015.

[18] M. Yusron, "Analisa Termodinamika Pemasangan *Turbocharger* Pada Mesin Bensin Toyota Kijang Innova 2000CC Tipe 1l-4 Terhadap Unjuk Kerja Daya Mesin," Mar. 2018, Accessed: Jan. 28, 2021. [Online]. Available: http://repositori.umsu.ac.id/xmlui/handle/123456789/1890.