

PENGARUH PENGGUNAAN *TURBO VENTILATOR* PADA *FILTER CASE* TERHADAP DAYA, TORSI DAN EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR

Rhama Mega Widya Putra *), Djoko W Karmiadjii**)
Politeknik TEDC Bandung*
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta**
Email: rhama.widya@gmail.com, dkarmiadjii@rocketmail.com

ABSTRAK

Semua motor bakar membutuhkan udara dalam pembakaran bahan bakar. Pada putaran tinggi konsumsi udara dalam ruang bakar pada umumnya sering terlambat atau kurang padat, disebabkan terlalu sedikit waktu yang diberikan untuk memasukkan udara dari luar ke dalam ruang bakar. Motor bakar adalah suatu alat yang dapat menghasilkan tenaga melalui suatu proses tertentu dimana proses tersebut menghasilkan panas dan energi panas ini diubah menjadi energi gerak atau mekanis yang diperlukan sebagai penggerak utama pada suatu kendaraan. Tuntutan pasar akan perkembangan teknologi sepeda motor saat ini yaitu: 1). Efisiensi bahan bakar (*fuel economic*), 2). Performa yang tinggi (*high performance*), 3). Emisi gas buang yang rendah (*low emission*). Untuk membuat campuran yang homogen antara udara dan bahan bakar dalam karburator yang dibutuhkan mesin sesuai dengan pembebanannya, aliran udara yang berpusar dapat meningkatkan proses pembakaran sehingga performa dan emisi gas buangnya lebih baik. Pada percobaan ini diuji unjuk kerja mengenai daya, torsi dan emisi gas buang dalam penggunaan *turbo ventilator single fan* dan *double fan* pada sepeda motor Honda Tiger GL 200 spesifikasi bahan bakar pertamax tahun 2010 dengan menggunakan *Dynotest* pada putaran 6000 rpm hingga 8000 rpm. Sedangkan Uji emisi Gas buang menggunakan *gaz analyzer Hesbon* Seri HG-520. Hasil penelitian dengan penggunaan turbo ventilator *single fan* menunjukkan rata-rata daya maksimum 16,07 HP pada putaran 6800 rpm. Pengujian hasil rata-rata dengan *double fan turbo ventilator* menghasilkan maksimum 17,50 HP. Torsi maksimum sebesar *turbo ventilator single fan* 17,56 N.m pada 6500 rpm dan *double fan turbo ventilator* 18,32 N.m di 6500 rpm, terlihat perubahan hasil daya dan torsi mesin yang signifikan pada penggunaan *double fan turbo ventilator*. Untuk pengujian emisi gas buang dilakukan pengujian pada putaran idle 1200 rpm, di dapat rata-rata uji emisi pada penggunaan *turbo ventilator single fan* konsentrasi gas CO sebesar 2,53 % dan gas HC 199 ppm. Untuk pengujian dengan *turbo ventilator double fan* konsentrasi gas CO sebesar 2,20 % dan gas HC 233 ppm, dari analisis data CO dan HC kedua penggunaan alat tersebut yang di pasang pada filter case masih dalam batas ambang yang direkomendasikan untuk CO 4,5% dan HC 2000 ppm.

Kata kunci : Daya , *Torque*, emisi gas buang dan *turbo ventilator*.

ABSTRACT

All combustion engines require air in burning fuel. At high rotations, the air consumption in the combustion chamber is generally often late or less dense, because too little time is given to enter the air from outside into the combustion chamber. Motor fuel is a device that can produce power through a particular process where the process produces heat and heat energy is converted into mechanical or mechanical energy needed as the prime mover in a vehicle. Market demands for the development of motorcycle technology today are 1). Fuel efficiency (*fuel economic*), 2). High performance (*high performance*), 3). Low emissions (*low emission*). To make a homogeneous mixture of air and fuel in the carburetor needed by the engine in accordance with its loading, swirling airflow can improve the combustion process so that the performance and emissions of exhaust gases are better. In this trial, the performance of power, torque, and exhaust emission were tested in the use of a single fan and double fan turbo ventilator on the Honda Tiger GL 200 motorcycle specifications of the first fuel in 2010 using *Dynotest* at 6000 rpm to 8000 rpm. While the flue gas emission test uses the *Hesbon HG-520 Series analyzer*. The results of the study with the use of a single fan turbo ventilator showed an average maximum power of 16.07 HP at 6800 rpm. Testing of average results with a double fan turbo ventilator produces a maximum of 17.50 HP. The maximum torque of 17.56 N.m turbo ventilator single fan at 6500 rpm and

18.32 N.m turbo ventilator double fan at 6500 rpm, significant changes in engine power and torque results were seen on the use of double fan turbo ventilators. To test the exhaust gas emissions testing at 1200 rpm idle rotation, the average emission test for the use of a turbo ventilator single fan CO gas concentration of 2.53% and 199 ppm HC gas. For testing with a double fan turbo ventilator CO gas concentration of 2.20% and HC gas 233 ppm, from the analysis of CO and HC data, the use of the two tools installed in the filter case is still within the recommended threshold for 4.5% CO and HC 2000 ppm.

Keywords: Power, torque, exhaust emissions, and turbo ventilators.

I. PENDAHULUAN

Menurut Kristanto semua motor bakar membutuhkan udara dalam pembakaran bahan bakar. Pada putaran tinggi konsumsi udara dalam ruang bakar pada umumnya sering terlambat atau kurang padat, disebabkan terlalu sedikit waktu yang diberikan untuk memasukkan udara dari luar ke dalam ruang bakar [1]. Sedangkan menurut Surono motor bakar adalah suatu alat yang dapat menghasilkan tenaga melalui suatu proses tertentu dimana proses tersebut menghasilkan panas dan energi panas ini diubah menjadi energi gerak atau mekanis yang diperlukan sebagai penggerak utama pada suatu kendaraan [2].

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, maka banyak macam komponen yang beredar di pasaran yang ditujukan untuk meningkatkan performa mesin. Salah satu diantaranya adalah komponen untuk meningkatkan kinerja sistem pembakaran. Penggunaan *Turbo Ventilator* ini diharapkan dapat membantu proses pemasukan udara ke dalam ruang bakar menjadi lebih cepat dan tidak terlambat.

Prinsip kerja *Turbo Ventilator* sebenarnya sama seperti *Turbo Charger*, hanya saja penggerak propeller turbinnya berbeda. *Turbo Charger* memanfaatkan gas buang untuk memutar turbin, sedangkan *Turbo Ventilator* memanfaatkan udara masuk untuk memutar turbin. Keunggulan memakai *Turbo Ventilator* yaitu: meningkatkan tenaga mesin, meminimalkan polusi udara, meningkatkan respon dan akselerasi mesin dengan menambah pasokan udara (O₂) kompresi ke ruang bakar.

Penambahan alat *Turbo Ventilator* ini diklaim dapat memberikan dampak positif yaitu memberikan peningkatan unjuk kerja, memperbaiki proses pembakaran dan menekan emisi gas buang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Turbo Ventilator* terhadap daya, torsi, dan emisi gas buang pada mesin sepeda motor.

Pada penelitian terdahulu Miftahul Khoir meneliti tentang Pengaruh Penggunaan *Turbo Cyclon* dan Busi Iridium Terhadap Performa Sepeda Motor Honda Supra X 125 CC dan Setyawan Bakti Wibowo dan Soeadgihardo Siswanto (2008) meneliti tentang turbulensi aliran udara pada *intake manifold*

menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*) [3,4].

Penelitian juga dilakukan Surya Didelhi, Toni Dwi Putra dan Muhamad Agus Subhan (2013) melakukan studi pengaruh *Active Turbo Cyclon* terhadap emisi gas buang pada motor bensin 4 Tak 1 silinder [5]. Jenis turbo cyclon yang digunakan adalah *electric power*, pengaruh *turbo cyclone* tidak efektif pada putaran rendah akan tetapi lebih efektif pada putaran putaran tinggi. Pengaruh *turbo cyclone* pada putaran 4000 rpm dapat mengurangi emisi gas buang dibandingkan tanpa menggunakan *turbo cyclone*, untuk O₂ yang dihasilkan sedikit lebih besar 2,36% dibandingkan kondisi standar [6-8].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu berupa pengujian dan simulasi numerik untuk mendukung hasil penelitian numerik, penelitian dilakukan pada *filter case* dengan penambahan *turboventilator single fan* dan *double fan* pada bagian *inlet* saluran masuk udara menuju karburator. Rekam data dilakukan untuk menganalisa perubahan hasil penggunaan *turboventilator* terhadap daya mesin dan emisi gas buang.

Pada riset ini variabel bebas adalah *filter case* yang menggunakan *turbo ventilator* dengan *single fan* dan *double fan* dengan variasi putaran mesin, sedangkan variabel terikat adalah daya mesin dan emisi gas buang. Variabel-variabel ini kemudian akan peneliti kembangkan menjadi instrument untuk merekam data penelitian dalam laboratorium, setelah data hasil uji terekam dilakukan pengolahan data agar valid untuk menguji hipotesis menggunakan analisis data.

Alat yang digunakan untuk mengukur performa mesin pada penelitian ini adalah *Sportdevice Smart Dyno SD-300*. Alat ini mampu mengukur putaran mesin (Rpm), *Torque*, *Power*, *Air Fuel Ratio*, dan *Weather Situation* Daya adalah kecepatan melakukan kerja. Daya sama dengan jumlah energi yang dihabiskan persatuan waktu. Di dalam system satuan Internasional (SI), satuan daya adalah joule per detik, atau watt, satuan lain yang sering dipakai yaitu Daya Kuda atau Horse Power (hp), 1 hp = 768 watt. Daya adalah Besaran Saklar, karna Daya hanya

mempunyai nilai dan tidak memiliki arah. Daya disimbolkan dengan Persamaan [9,10].

$$P = W / t(2.3) \tag{1}$$

$$P = (F.s)/t(2.4) \tag{2}$$

$$P = F.v (2.5) \tag{3}$$

dimana :

P = Daya (J/s atau watt)

W = Usaha (Satuan Joule [J])

t = Waktu (sekon [s])

F = Gaya (Newton[N])

s = Jarak (Meter [m])

v = Kecepatan (Meter/Sekon [m/s])

Torsi adalah ukuran gaya yang dapat menyebabkan obyek berputar sekitar sumbu. Torsi adalah besaran vector, torsi tergantung pada arah gaya pada sumbu. Torsi dapat berupa Statis dan Dinamis. Torsi Statis adalah torsi yang tidak menghasilkan percepatan sudut, sebagai contoh seseorang mengayuh sepeda dengan kecepatan konstan, karena tidak berakselerasi. Besaran Torsi (τ) yang dihasilkan oleh gaya F yang diberikan seperti Persamaan.

$$\tau = F.R.r \tag{4}$$

Dimana r adalah panjang lengan momen dan θ adalah sudut antara vektor gaya dan lengan moment. Torsi itu adalah besaran vector yang ditentukan hanya untuk sitem yang dapat diputar. Daya dapat dihitung dari torsi jika kecepatan rotasi di ketahui. Torsi maksimum kendaraan pada umumnya menggambarkan seberapa cepat kendaraan akan berakselerasi dan kemampuannya untuk menarik beban. Torsi yang dihasilkan motor dapat ditingkatkan atau di turunkan melalui penggunaan roda gigi. Peningkatan torsi terjadi karena penurunan kecepatan putar yang proposional.

Heshbon HG-520 Gas Analyzer merupakan alat ukur yang bisa digunakan untuk membaca dan mengukur kadar emisi gas buang mesin yang menggunakan bahan bakar bensin.

Pengujian emisi gas buang kendaraan menggunakan metode yang dirujuk dari Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan motor kategori sepeda motor 4 langkah ≥ 2010 , nilai ambang batas CO 4,5% dan HC 2000 ppm dengan format pengujian seperti yang ditampilkan dalam Tabel dibawah ini.

Tabel 1. Baku Mutu Emisi [11-13]

KENDARAAN BERMOTOR KATEGORI "L"				
KATEGORI	TAHUN PEMBUATAN	PARAMETER		METODE UJI
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda Motor 2 langkah	<2010	4.5	1200	Idle
Sepeda Motor 4 langkah	<2010	4.5	240	Idle
Sepeda Motor 2 & 4 langkah	>2010	4.5	200	Idle



Gambar 1. Turbo Ventilator Single fan dan double fan



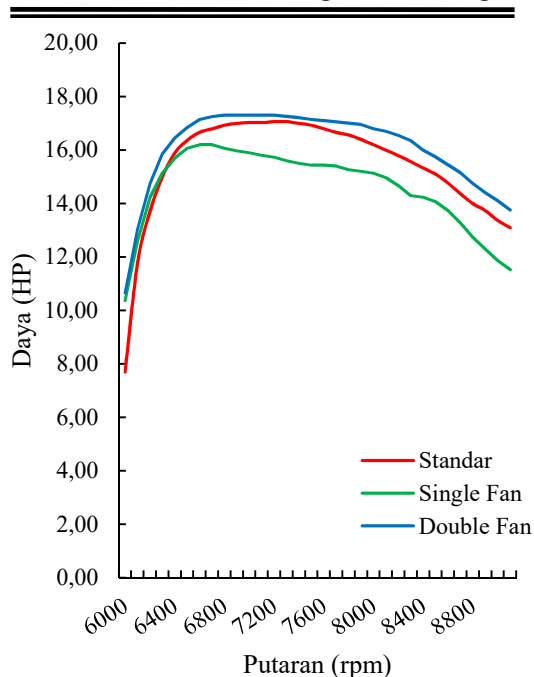
Gambar 2. Pemasangan Turbo Ventilator pada Inlet Filter Case

Turbo ventilator single fan dan double fan ini penempatannya pada saluran inlet menuju karburator yaitu pada filter case yang terdapat pada sepeda motor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang akurat pada penelitian ini proses pengujian unjuk kerja mesin dan emisi gas buang dilakukan sebanyak 8 kali pada masing-masing sampel. Sample yang digunakan merupakan sepeda motor menggunakan filter case standar dengan dua variasi alat tambahan turbo ventilator dengan jenis single fan dan double fan yang telah dipersiapkan sebelumnya.

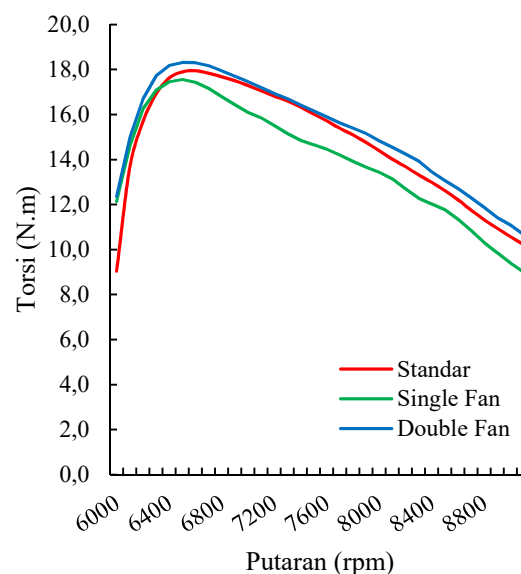
Pengujian unjuk kerja mesin yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian daya, torsi dan emisi gas buang. Hasilnya dapat diperlihatkan dalam grafik berikut.



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Daya Mesin Pada Variasi Turbo Ventilator

Grafik pada gambar 1 memperlihatkan perbandingan daya maksimum *filter case* standar tanpa alat tambahan pada rpm 6800 sebesar 16,93 HP. Data hasil uji *filter case* menggunakan *turbo ventilator single fan* diperoleh daya maksimum sebesar 16,07 HP pada 6800 rpm dan pada *turbo ventilator double fan* sebesar 17,30 HP pada 6800 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari komparasi perubahan daya maksimum pada 6800 rpm terdapat kenaikan dan juga penurunan *horse power*. Dari hasil uji sampel *filter case* dengan menggunakan *turbo ventilator double fan* didapat rata-rata nilai daya tertinggi pada 6800 rpm sebesar 17,30 HP dibandingkan dengan *filter case* tanpa menggunakan alat tambahan.

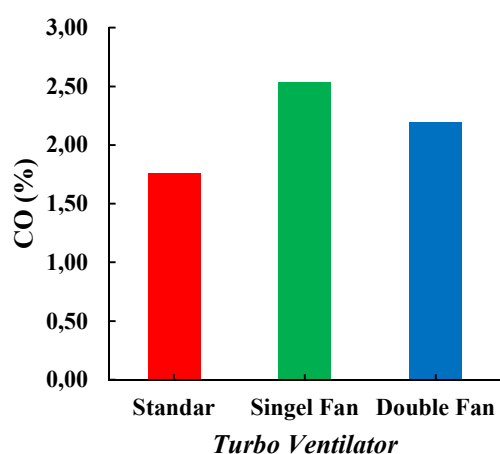
Dengan penggunaan *turbo ventilator* peningkatan daya terjadi tidak signifikan. Peningkatan daya yang didapat hanya sebesar 2,90 % dengan menggunakan tipe *double fan* dari daya yang diperoleh tanpa menggunakan alat tambahan tersebut dan mengalami penurunan daya sebesar 5,08 % dengan menggunakan tipe *single fan*, ini disebabkan kinerja *turbo ventilator* yang tidak maksimal karena prinsip kerjanya yang hanya memanfaatkan aliran udara dari kevakuman mesin berbeda dengan *turbocharge* yang memanfaatkan energi dari gas buang untuk pengoperasiannya dan juga perputaran *fan* yang dapat diatur kecepatannya. Sehingga jumlah pasokan campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar sedikit mengalami peningkatan.



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Torsi Mesin Pada Variasi Turbo Ventilator

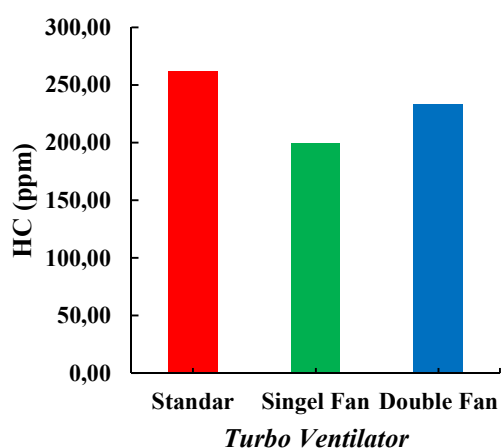
Grafik pada gambar 2 memperlihatkan perbandingan torsi maksimum *filter case* standar tanpa alat tambahan pada rpm 6500 sebesar 17,90 N.m. Data hasil uji *filter case* menggunakan *turbo ventilator single fan* diperoleh torsi maksimum sebesar 17,56 N.m pada 6500 rpm dan pada *turbo ventilator double fan* sebesar 18,32 N.m pada 6500 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari komparasi perubahan torsi maksimum pada 6500 rpm terdapat kenaikan dan juga penurunan *torque*. Dari hasil uji sampel *filter case* dengan menggunakan *turbo ventilator double fan* didapat rata-rata nilai daya tertinggi pada 6500 rpm sebesar 18,32 N.m dibandingkan dengan *filter case* tanpa menggunakan alat tambahan.

Seperti halnya pada daya penggunaan *turbo ventilator* terhadap peningkatan torsi juga terjadi tidak signifikan. Peningkatan torsi yang didapat hanya sebesar 2,35 % dengan menggunakan tipe *double fan* dari torsi yang diperoleh tanpa menggunakan alat tambahan tersebut dan mengalami penurunan torsi sebesar 1,90 % dengan menggunakan tipe *single fan*, ini juga disebabkan oleh kinerja *turbo ventilator* yang tidak maksimal karena prinsip kerjanya yang hanya memanfaatkan aliran udara dari kevakuman mesin berbeda dengan *turbocharge* yang memanfaatkan energi dari gas buang untuk pengoperasiannya dan juga perputaran *fan* yang dapat diatur kecepatannya. Sehingga jumlah pasokan campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar hanya sedikit mengalami peningkatan.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO Terhadap Variasi Turbo Ventilator

Hasil pengukuran emisi gas buang dengan unsur CO yang terdapat pada Gambar 3 menunjukkan nilai setiap sampelnya, penggunaan *turbo ventilator double fan* menghasilkan konsentrasi CO 2,20% dan unsur CO tertinggi dengan penggunaan *turbo ventilator single fan* sebesar 2,53%. Penggunaan *turbo ventilator* pada *filter case* menghasilkan unsur CO yang lebih tinggi dibandingkan dengan *filter case* standar, hal tersebut disebabkan kurangnya oksigen yang masuk keruang bakar akibat konsentrasi bahan bakar yang terlalu kaya, sehingga memicu terbentuknya CO lebih banyak dalam proses pembakaran. Karena pada prinsipnya penggunaan *turbo ventilator* bertujuan untuk meningkatkan jumlah pasokan udara dan bahan bakar lebih banyak dan padat.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC Terhadap Variasi Turbo Ventilator

Hasil pengukuran emisi gas buang dengan unsur HC yang terdapat pada Gambar 4 menunjukkan nilai setiap sampelnya, penggunaan *turbo ventilator double fan* menghasilkan konsentrasi HC 233,00 ppm dan unsur HC terendah dengan penggunaan *turbo ventilator single fan* sebesar 199,00 ppm. Penggunaan *turbo ventilator* pada *filter case* menghasilkan unsur HC

yang lebih rendah dibandingkan dengan *filter case* standar, hal tersebut disebabkan oleh campuran udara dan bahan bakar yang masuk keruang bakar lebih homogen akibat pusaran dari *fan* yang berputar sehingga campuran udara dan bahan bakar dapat terbakar habis dan menghasilkan konsentrasi HC lebih rendah. Karena pada prinsipnya penggunaan *turbo ventilator* selain bertujuan untuk meningkatkan jumlah pasokan udara dan bahan bakar lebih banyak dan padat *turbo ventilator* juga dapat menciptakan pusaran pada udara yang masuk.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan data pengujian sampel yang dilakukan pada variasi penggunaan *turbo ventilator* yang dipasangkan pada *filter case* sepeda motor. Penelitian tersebut dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh terhadap daya, torsi mesin dan emisi gas buang, maka dapat disimpulkan penggunaan *turbo ventilator single fan* dan *double fan* pada *filter case* dapat berpengaruh terhadap perubahan nilai daya mesin. Pada penggunaan *turbo ventilator single fan* didapat nilai daya sebesar 16,07 HP nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai daya yang dihasilkan dengan penggunaan *filter case* standar dengan nilai daya sebesar 16,93 HP dengan persentase penurunan sebesar 5,08% dan pada penggunaan *turbo ventilator double fan* nilai daya yang didapat sebesar 17,30 HP lebih besar dibandingkan dengan penggunaan *filter case* standar dengan persentase kenaikan sebesar 2,90%.

Penggunaan *turbo ventilator single fan* dan *double fan* pada *filter case* juga dapat berpengaruh terhadap perubahan nilai torsi mesin. Pada penggunaan *turbo ventilator single fan* didapat nilai torsi sebesar 17,56 N.m nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai torsi yang dihasilkan dengan penggunaan *filter case* standar dengan nilai daya sebesar 17,90 N.m dengan persentase penurunan sebesar 1,90% sedangkan penggunaan *turbo ventilator double fan* nilai torsi yang didapat sebesar 18,32 N.m lebih besar dibandingkan dengan penggunaan *filter case* standar dengan persentase kenaikan sebesar 2,35%.

Sama halnya dengan daya dan torsi penggunaan alat tambahan *turbo ventilator single fan* dan *double fan* pada *filter case* dapat berpengaruh terhadap perubahan emisi gas buang. Pada pengujian gas CO hasil pengukuran didapat konsentrasi CO terendah pada *filter case* standar sebesar 1,76% kemudian pada penggunaan *turbo ventilator single fan* didapat kenaikan konsentrasi CO sebesar 2,53% dan penggunaan *turbo ventilator double fan* didapat kenaikan konsentrasi CO sebesar 2,20%. Untuk pengukuran gas hidrokarbon (HC) konsentrasi nilai terendah didapat dengan menggunakan *turbo ventilator single fan* sebesar 199 ppm lebih rendah dibandingkan *filter case* standar yang menghasilkan HC sebesar 261 ppm dan penggunaan *turbo ventilator double fan* menghasilkan konsentrasi sebesar 233 ppm lebih rendah dibandingkan *filter case* standar.

Hasil pengujian tersebut merupakan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Adapun temuan dari hasil penelitian tersebut yang menjadi penting untuk dikembangkan lebih lanjut adalah perlu upaya memaksimalkan potensi alat tambahan *turbo ventilator* melalui pengembangan produk yang bisa digunakan untuk sepeda motor. Alat tambahan ini bisa direkomendasikan kepada konsumen pengguna sepeda motor untuk meningkatkan performa namun tetap tetap ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kristianto, Philip, Willyanto, Rully Hartadi. *Analisis Turbocharger Pada Motor Bensin Daihatsu Tipe CB-23*. Jurnal Teknik Mesin. Volume 3. 2001
- [2] Surono, Untoro Budi, Joko Winarno, Fuad Alaudin. *Pengaruh Penambahan Turbulator Pada Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Mesin Bensin 4 Tak*. Jurnal Teknik. Volume 2. 2012
- [3] Miftahul Khoir. *Pengaruh Penggunaan Turbo Cyclone dan Busi Iridium Terhadap Performa Sepeda Motor Honda Supra X 125 Tahun Perakitan 2011*. Jurnal: Teknik Mesin. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya 2004
- [4] Setyawan Bakti Wibowo dan Soeadghardo Siswantoro. *Analisis Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor 4 Tak Dengan Penambahan Turbulator pada Intake Manifold*. Jurnal: Teknik Mesin. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta 2015
- [5] Surya Didelhi, Toni Dwi Putra dan Muhamad Agus Subhan, *Studi Pengaruh Active Turbo Cyclon Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Bensin 4 Tak 1 Silinder*. Jurnal: PROTON. Volume 5. 2013.
- [6] Dietzel, Fritz. *Turbin, Pompa Dan Kompresor*. Terjemahan Dakso Sriyono. Jakarta: Erlangga
- [7] Muson, Bruce R, Donal F. Young, Theodore H. Okiishi. *Mekanika Fluida Jilid 2*. Terjemahan Harinaldi dan Budiarmo. Jakarta: Erlangga
- [8] Ainul Ghurri, S.T., M.T., Ph.D. *Pedoman Pratikum Emisi Gas Buang*. Fakultas Teknik Mesin Universitas Udayana. 2016
- [9] Sutrisno. 1997. *Fisika Dasar Mekanika*. Bandung: ITB
- [10] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006, Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama
- [11] Technical Training Dept, 2012. *Technical Training Level 1*, PT. Astra Honda Motor, Jakarta.
- [12] Technical Service Division, 2002. *Buku Pedoman Reparasi*, PT. Astra Honda Motor.
- [13] *Technical Service Division. Service Repair Shop Factory ZX*, Kawasaki.co.id